SYSTÈME SOLAIRE

BRUNO LECIGNE XAVIER DUJARDIN AFIF KHALED

JUPITER

LE BERGER DES ASTÉROÏDES

Glénat | Observatoire de Paris | PSL

SYSTÈME SOLAIRE

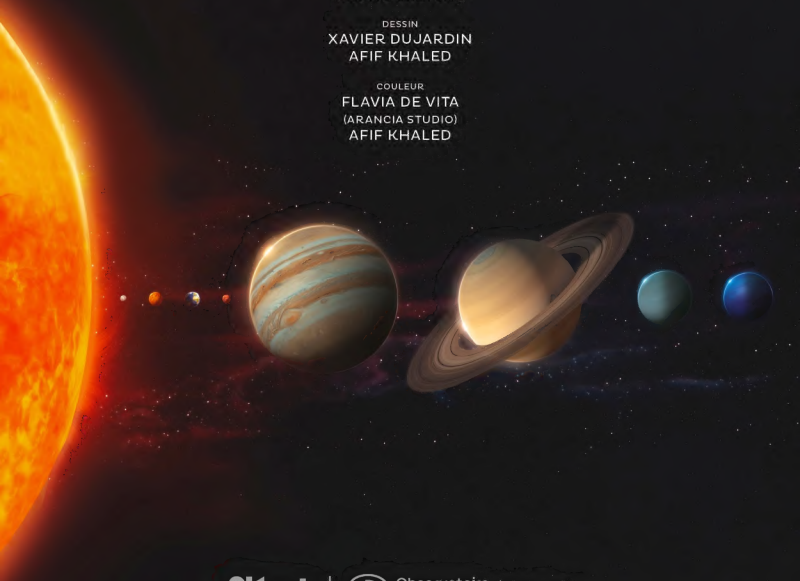
JUPITER

LE BERGER DES ASTÉROÏDES

SCÉNARIO
BRUNO LECIGNE

DESSIN
XAVIER DUJARDIN
AFIF KHALED

COULEUR
FLAVIA DE VITA
(ARANCIA STUDIO)
AFIF KHALED



Glénat | Observatoire de Paris | PSL

PRÉFACE

Déserts brûlants criblés de cicatrices d'impacts de météorites, volcans de glace ou de composés soufrés, océans cachés sous d'épaisses banquises, anticyclones plus grands que la Terre… Les huit planètes du système solaire et leurs lunes présentent une fascinante diversité. Partez à leur découverte avec les chercheurs de l'Observatoire de Paris – PSL : les meilleurs guides qui soient, puisque cela fait plus de 350 ans que l'Observatoire, désormais implanté sur trois sites – Paris, Meudon et Nançay – étudie le Soleil et le Système solaire.

À Paris, le premier directeur de l'Observatoire, Jean-Dominique Cassini, a ainsi découvert quatre satellites de Saturne et dans l'anneau qui entoure la planète, une division qui porte maintenant son nom. En 1846, Urbain Le Verrier a découvert la planète Neptune. Et c'est la grande lunette de Meudon qui, au début du XX^{e} siècle, a permis de réfuter l'hypothèse des canaux martiens.

Au XXI^{e} siècle, l'exploration spatiale a pris le relais ; l'Observatoire de Paris – PSL invente des instruments pour les grandes missions spatiales de la NASA comme le rover martien Perseverance, mais aussi de l'ESA avec JUICE qui est en route vers Jupiter, depuis avril 2023. Une exploration spatiale qui nous a appris que, dans le Système solaire, notre Terre est la seule planète habitable pour les humains : ce minuscule point bleu qu'est notre planète vue depuis les sondes spatiales qui explorent les confins du système solaire, est vraiment unique.

Bon voyage donc, en compagnie de nos chercheurs : ils seront vos guides au long des visites de ces mondes extraordinaires, organisées par Bruno Lecigne et mises en images par les talentueux dessinateurs des albums de la collection Système solaire !

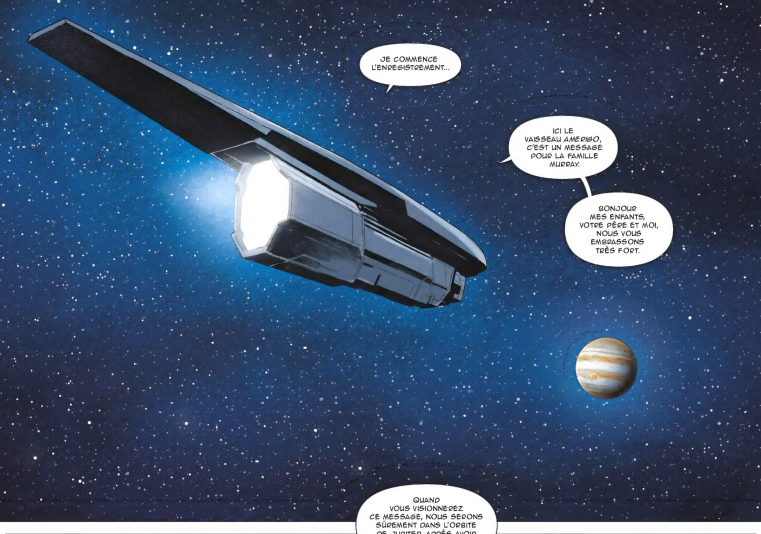
Fabienne Casoli
Présidente de l'Observatoire de Paris – PSL

L'éditeur tient à remercier les astrophysiciens et astrophysicienne
à l'Observatoire de Paris – Université Paris Sciences et Lettres pour leur participation :
Bruno BÉZARD, Nicolas BIVER, Xavier BONNIN, Alain DORESSOUNDIRAM,
Laurent LAMY, Milan MAKSIMOVIC, Sandrine VINATIER et Philippe ZARKA.

Couverture : vision d'artiste d'ELIA BONETTI
Lettrage : Fanny HURTREL
Concept général : Christian BLONDEL

© 2024 éditions Glénat – Couvent Sainte-Cécile – 37 rue Servan – 38000 Grenoble.
Tous droits réservés pour tous pays. Dépôt légal : mars 2024. ISBN : 978-2-344-05643-1 / 001
Acheué d'imprimer en Belgique en mars 2024 par Delabie S.A.,
sur papier provenant de forêts gérées de manière durable.

PEFC PEFC/07-31-234


JE COMMENCE L'ENREGISTREMENT...
ICI LE VAISSEAU AMERIGO, C'EST UN MESSAGE POUR LA FAMILLE MURRAY.
BONJOUR MES ENFANTS, VOTRE PÈRE ET MOI, NOUS VOUS EMBRASSONS TRÈS FORT.

QUAND VOUS VISIONNEREZ CE MESSAGE, NOUS SERONS SÛREMENT DANS L'ORBITE DE JUPITER, APRÈS AVOIR TRAVERSÉ LA BARRIÈRE D'ASTÉROÏDES.

J'AI VRAIMENT L'IMPRESSION DE VIVRE UN RÊVE ÉVEILLÉ DANS CE VAISSEAU.

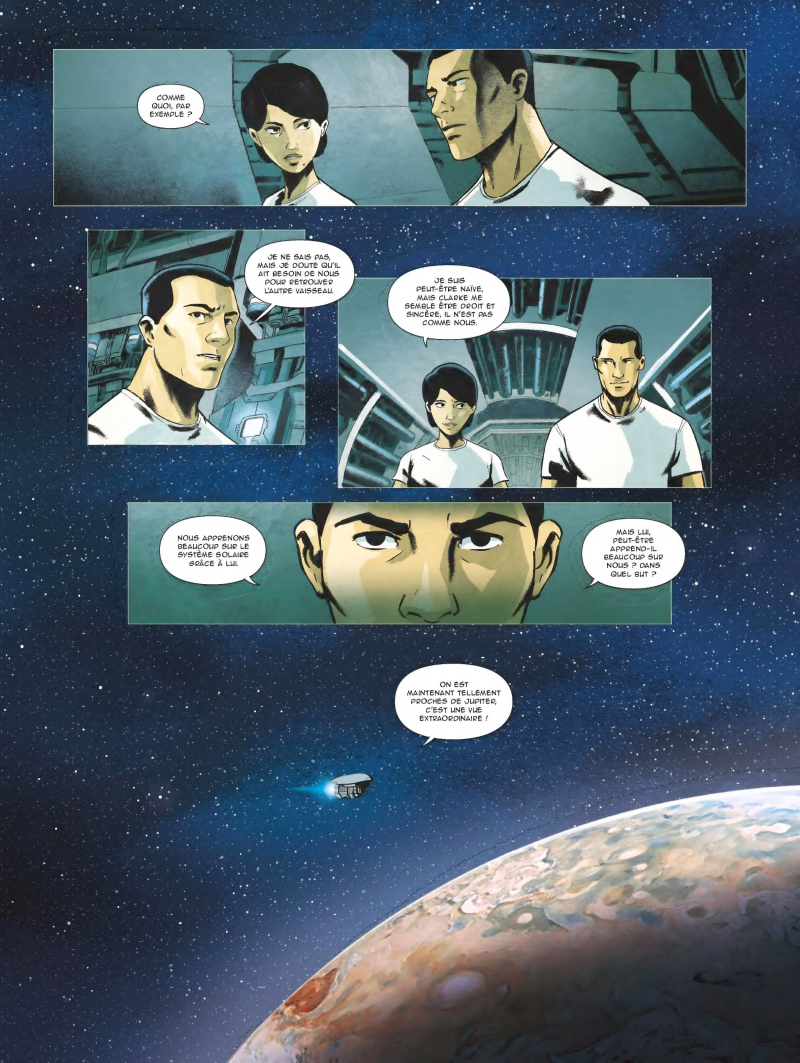
L'EXTRATERRESTRE QUE NOUS SURNOMMONS CLARKE EST TROP COOL AVEC NOUS. COOPÉRATIF, CURIEUX... SURPRIS PAR NOS RÉACTIONS PARFOIS.
IDENTIFICATION
POURQUOI NOUS ACCORDE-T-IL LA FAVEUR NOUS DE CETTE EXPLORATION ?
NOUS L'AVONS SAUVÉ SUR LA LUNE. IL PENSE PEUT-ÊTRE QUE NOUS POURRIONS L'AIDER À RETROUVER L'AUTRE VAISSEAU PERDU DANS LE SYSTÈME SOLAIRE.
NOUS SOMMES ATTENDUS DANS LA GRANDE SALLE.
JE T'AI ENTENDUE PARLER DE CLARKE... TU ES SÛRE QUE SON ATTITUDE NE CACHE PAS QUELQUE CHOSE ?

COMME QUOI, PAR EXEMPLE ?

JE NE SAIS PAS, MAIS JE DOUTE QU'IL AIT BESOIN DE NOUS POUR RETROUVER L'AUTRE VAISSEAU

JE SUIS PEUT-ÊTRE NAÏVE, MAIS CLARKE ME SEMBLE ÊTRE DROIT ET SINCÈRE, IL N'EST PAS COMME NOUS.

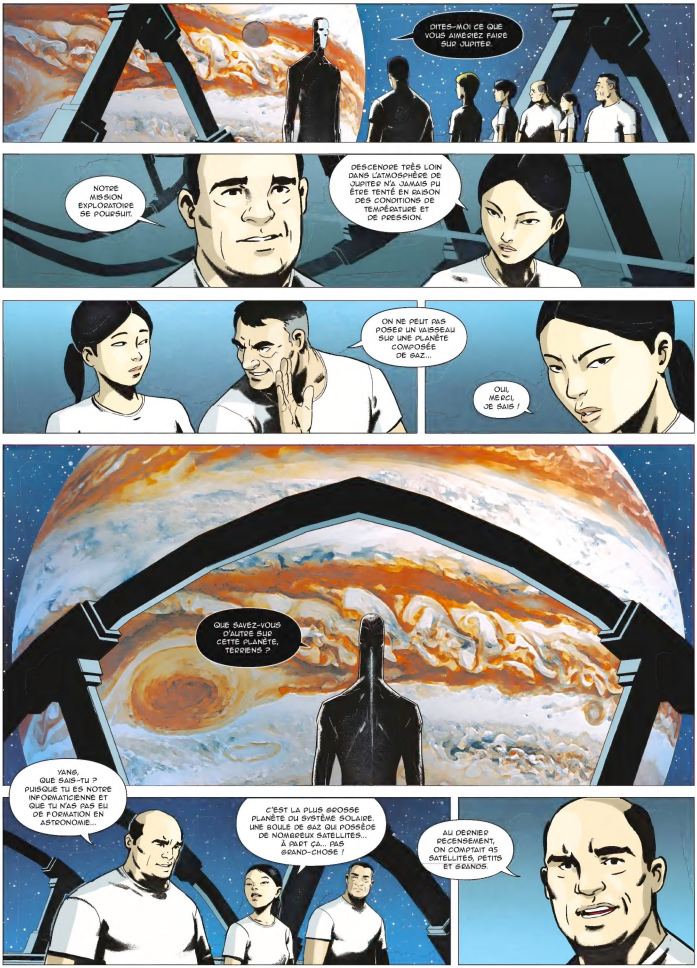
NOUS APPRENONS BEAUCOUP SUR LE SYSTÈME SOLAIRE GRÂCE À LUI.
MAIS LUI, PEUT-ÊTRE APPREND-IL BEAUCOUP SUR NOUS ? DANS QUEL BUT ?


ON EST MAINTENANT TELLEMENT PROCHES DE JUPITER, C'EST UNE VUE EXTRAORDINAIRE !

APPROCHEZ, TERRIENS.
JUSTE UN POINT, AVANT QU'ON POURSUIVE LA MISSION : SI L'UN OU L'UNE D'ENTRE VOUS A DES MESSAGES À ENVOYER À DES PROCHES SUR TERRE, ÇA SERAIT BIEN DE LE FAIRE MAINTENANT.

LÀ, C'EST QUARANTE MINUTES POUR ACHEMINER LES MESSAGES ENVOYÉS ACTUELLEMENT VERS LA TERRE.
PLUS ON S'ÉLOIGNE DE LA TERRE POUR ATTEINDRE LES CONFINS DU SYSTÈME SOLAIRE ET PLUS LES COMMUNICATIONS NÉCESSITENT DE LONGS DÉLAIS DE RÉCEPTION ET DE RÉPONSE.
TU AS EMBRASSÉ LES ENFANTS POUR MOI ?
BIEN SÛR. TU FERAS LE PROCHAIN MESSAGE, C'EST ÇA, LA BARDE ALTERNÉE !

TU TE RAPPELLES PEUT-ÊTRE QU'ILS ONT GRANDI ?


DITES-MOI CE QUE VOUS AIMERIEZ FAIRE SUR JUPITER.
NOTRE MISSION EXPLORATOIRE SE POURSUIT.
DESCENDRE TRÈS LOIN DANS L'ATMOSPHÈRE DE JUPITER N'A JAMAIS PU ÊTRE TENTÉ EN RAISON DES CONDITIONS DE TEMPÉRATURE ET DE PRESSION.
ON NE PEUT PAS POSER UN VAISSEAU SUR UNE PLANÈTE COMPOSÉE DE GAZ...
OUI, MERCI, JE SAIS !
QUE SAVEZ-VOUS D'AUTRE SUR CETTE PLANÈTE, TERRIENS ?
YANG, QUE SAIS-TU ? PUISQUE TU ES NOTRE INFORMATICIENNE ET QUE TU N'AS PAS EU DE FORMATION EN ASTRONOMIE...
C'EST LA PLUS GROSSE PLANÈTE DU SYSTÈME SOLAIRE. UNE BOULE DE GAZ QUI POSSÈDE DE NOMBREUX SATELLITES... À PART ÇA... PAS GRAND-CHOSE !
AU DERNIER RECENSEMENT, ON COMPTAIT 95 SATELLITES, PETITS ET GRANDS.

VU SON ÉLOIGNEMENT DE L'ASTRE CENTRAL, LA GÉANTE GAZEUSE MET PRESQUE ONZE ANS DE PLUS QUE LA TERRE À FAIRE LE TOUR DU SOLEIL. SA VITESSE DE ROTATION EST EN REVANCHE PLUS DU DOUBLE DE CELLE DE LA TERRE.
C'EST UNE VRAIE TOUPIE.
JUPITER N'ÉTANT PAS ROCHEUSE, SA DENSITÉ MOYENNE EST QUATRE FOIS MOINDRE QUE CELLE DE LA TERRE, MAIS SA MASSE CORRESPOND À ENVIRON 318 PLANÈTES TERRE.
UN CORPS HUMAIN PLONGÉ DANS LA PLANÈTE SERAIT IMMÉDIATEMENT ANÉANTI PAR LA PRESSION ET LA TEMPÉRATURE.
SON ATTRACTION NÉCESSITE VINGT-NEUF FOIS PLUS D'ÉNERGIE POUR S'APPROCHER À SA GRAVITÉ QUE DE LA SURFACE TERRESTRE.

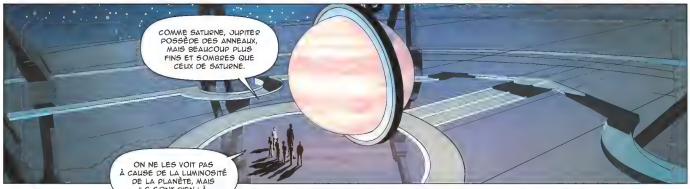
BREF, JUPITER EST UN MONSTRE ET PAS SEULEMENT DU FAIT DE SA MASSE ET SA GRAVITÉ. ELLE EST AUSSI LE SIÈGE D'ORAGES IMAGINABLES ET DE TEMPÊTES INOUÏES.
LA FAMEUSE GRANDE TACHE ROUGE N'EST AUTRE QU'UNE EXTRAORDINAIRE TEMPÊTE, DANS UNE ZONE DE HAUTE PRESSION. LE TOURBILLON GÉANT DURE DEPUIS DES SIÈCLES. SON DIAMÈTRE DE 16 350 KM EN FAIT UN OBJET PLUS GRAND QUE LA TERRE, ET SON ÉPAISSEUR EST D'ENVIRON 300 KM.
COMPOSÉ DE GAZ, PARCOURU DE VENTS TUMULTUEUX, JUPITER EST UN CHAOS MORTEL ET INVIABLE, UN ENFER ÉLÉMENTIEL DONT LA PUISSANCE EST FASCINANTE.
IL RESTE QUELQUES MYSTÈRES À RÉSOUDRE SUR LA COMPOSITION EXACTE DU COEUR DE LA PLANÈTE.
DANS MON EXPLORATION D'AUTRES SYSTÈMES, AVANT MON CRASH SUR VOTRE LUNE, LES GÉANTES GAZEUSES ME SONT APPARUES COMME UNE CONSTANTE DES SYSTÈMES STELLAIRES.
OUI, ELLES SE FORMENT DANS LA CEINTURE EXTÉRIEURE DU SYSTÈME, MAIS UNE FOIS LEUR TAILLE DEVENUE IMPOSANTE, ELLES MIGRENT VERS L'INTÉRIEUR EN INTÉGRAISSANT AVEC LE DISQUE DE GAZ ENCORE PRÉSENT DANS LE SYSTÈME PLANÉTAIRE EN FORMATION, SE RAPPROCHANT DE LEUR ÉTOILE...
CE QUI FAIT QU'ELLES PEUVENT OCCUPER LA ZONE D'HABITABILITÉ DU SYSTÈME, LES PLANÈTES ROCHEUSES ÉTANT REPOUSSÉES, ÉJECTÉES OU SIMPLEMENT DÉVORÉES PAR CES GÉANTES...
Mars
JUPITER
Saturne
Uranus
Neptune
SI LA TERRE A ÉTÉ ÉPARGNÉE PAR JUPITER, C'EST QU'UNE AUTRE GÉANTE A RETENU JUPITER QUI A STOPPÉ SA MIGRATION VERS LE SOLEIL : SATURNE !
MAIS C'EST UNE AUTRE HISTOIRE !

NOUS TERRIENS, NOUS CONNAISSONS BIEN JUPITER, ET DEPUIS LA PLUS HAUTE ANTIQUITÉ.
POUR UNE RAISON BIEN SIMPLE...
... CETTE ÉNORME BOULE DANS LE CIEL TERRESTRE EST CELLE QUI, GIGANTISME OBLIGE, SE VOIT LE MIEUX LA NUIT À L'ŒIL NU, QUAND LES ASTRES APPARAISSENT...
C'EST LE TROISIÈME OBJET LE PLUS BRILLANT DANS LE CIEL APRÈS LA LUNE ET VÉNUS.
CE QUI A INTRIGUÉ DEPUIS TROIS MILLE ANS AU MOINS LES OBSERVATEURS DU CIEL DEPUIS LA TERRE, AVANT MÊME L'INVENTION DE LA LUNETTE, C'EST L'ÉTONNANTE TRAJECTOIRE DE JUPITER. ELLE SE DÉPLACE VERS L'OUEST COMME LE SOLEIL, MAIS FAIT DES BOUCLES !
MÊME SI L'HOMME OBSERVE LES ÉTOILES DEPUIS LA PRÉHISTOIRE, LES PREMIERS VÉRITABLES ASTRONOMES ONT ÉTÉ LES MÉSOPOTAMIENS, LES ÉGYPTIENS ET LES CHINOIS.
COMMENT DIABLE POUVAIENT-ILS EXPLIQUER L'ÉTRANGE BALLET DE JUPITER ?
DIFFICILE POUR EUX QUI CROYAIENT QUE TOUS LES ASTRES TOURNAIENT AUTOUR DE LA TERRE, PIVOT CENTRAL.
ET COMMENT ON L'EXPLIQUE, JUSTEMENT ? C'EST QUOI, CES BOUCLES ?
JUPITER TOURNE BEAUCOUP PLUS LENTEMENT QUE LA TERRE AUTOUR DU SOLEIL. VU DE LA TERRE, ON A DONC PARFOIS L'IMPRESSION DE DÉPASSER JUPITER DANS SA COURSE ORBITALE, ET À D'AUTRES MOMENTS, DE SE FAIRE DISTANCER DANS LE CIEL.
CE MOUVEMENT DÉPOSSÉDANT, ÉTANT RÉGULIER, ON L'APPELLE RÉVOLUTION SYNODIQUE DE JUPITER, PARDON POUR LE JARGON, ET ELLE COUVRE 399 JOURS TERRESTRES. LES ANCIENS ONT PU PRÉDIRE LE MOUVEMENT DE LA PLANÈTE AVEC UNE PRÉCISION BARE...
... MAIS L'EXPLICATION DE CES MOUVEMENTS N'A PU ÊTRE DONNÉE QU'AVEC COPERNIC ET L'ARRIVÉE D'UN NOUVEAU MODÈLE CÉLESTE OÙ LA TERRE SE TROUVE DÉTRÔNÉE COMME PIVOT CENTRAL.
GALILÉE A AUSSI DÉTECTÉ LES SATELLITES GALLÉENS, IO, EUROPE, GANYMÈDE ET CALLISTO, ET PROUVÉ LEUR ROTATION AUTOUR DE JUPITER. CE QUI A MONTRÉ QUE DES OBJETS TOURNAIENT AUTOUR D'AUTRES CORPS QUE LA TERRE.

MERCI POUR LE COURS D'HISTOIRE, ANDREW, ET CHAPEAU POUR LES ASTRONOMES CHINOIS, TU FAIS PLAISIR À YANG !
MAIS IL Y A DES CHOSES ENCORE PLUS INCROYABLES ET SURPRENANTES À DIRE SUR JUPITER

ALORS VAS-Y, ON T'ÉCOUTE !
ON POURRAIT PARLER DE SES ANNEAUX...

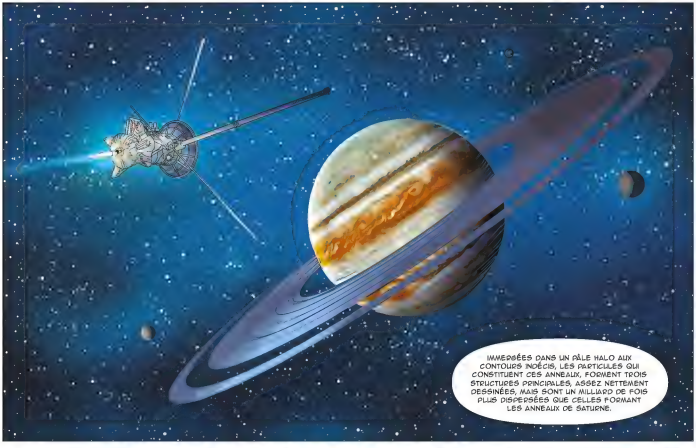
DES ANNEAUX ? COMME SATURNE ? MAIS OÙ ÇA ?

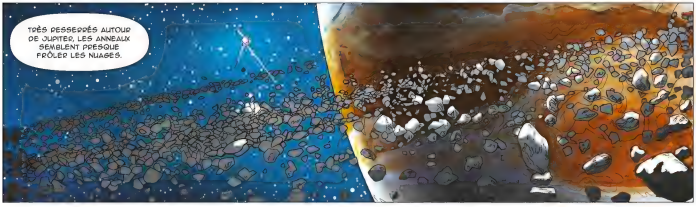

COMME SATURNE, JUPITER POSSÈDE DES ANNEAUX, MAIS BEAUCOUP PLUS FINS ET SOMBRES QUE CEUX DE SATURNE.
ON NE LES VOIT PAS À CAUSE DE LA LUMINOSITÉ DE LA PLANÈTE, MAIS ILS SONT BIEN LÀ.

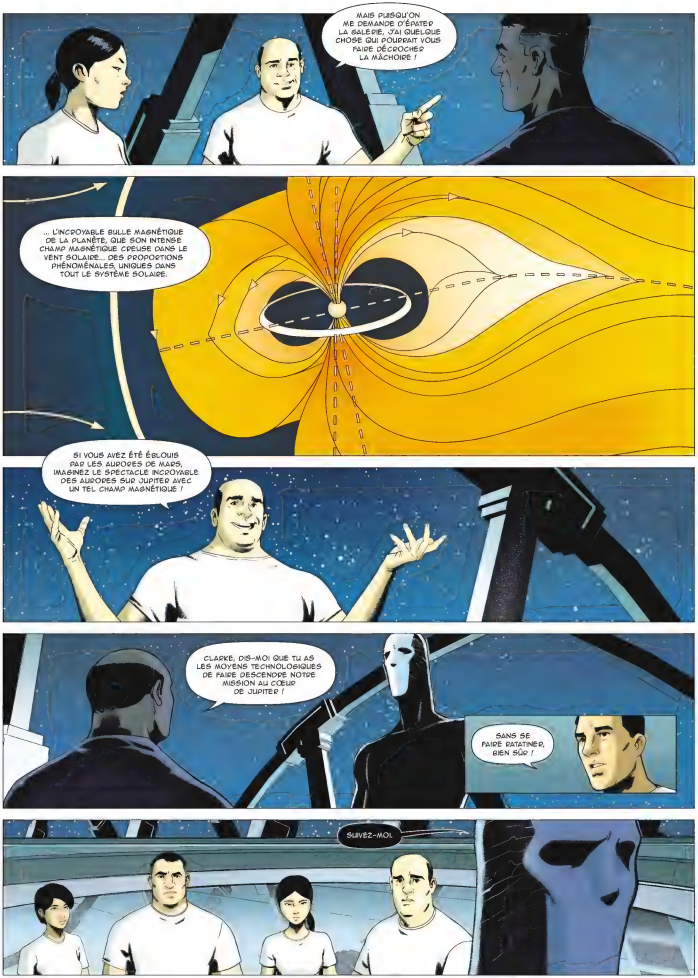
JE PEUX MODIFIER LE RÉGLAGE EN NOIRCISSANT JUPITER, CELA FERA APPARAÎTRE LES POUSSIÈRES QUI CEIGNENT LA PLANÈTE... VOILÀ... REGARDEZ.

ÇA FAIT VRAIMENT BIZARRE D'IMAGINER JUPITER AVEC DE TELS ANNEAUX.
ET ÇA, GALILÉE N'A PAS PU LE VOIR DANS SA LUNETTE !

LES ANNEAUX DE JUPITER SONT TRÈS DIFFICILES À DÉCELER DEPUIS LA TERRE, AU POINT QU'ILS N'ONT ÉTÉ DÉCOUVERTS QU'EN 1974 PAR LA SONDE VOYAGER 1.


IMMERGÉES DANS UN PÂLE HALO AUX CONTOURS INDÉCIS, LES PARTICULES QUI CONSTITUENT CES ANNEAUX, FORMENT TROIS STRUCTURES PRINCIPALES, ASSEZ NETTEMENT DESSINÉES, MAIS SONT UN MILLIARD DE FOIS PLUS DISPERSÉES QUE CELLES FORMANT LES ANNEAUX DE SATURNE.


TRÈS RESSERRÉS AUTOUR DE JUPITER, LES ANNEAUX SEMBLENT PRESQUE FRÔLER LES NUAGES.


MAIS PUISQU'ON ME DEMANDE D'ÉPATER LA GALERIE, J'AI QUELQUE CHOSE QUI POURRAIT VOUS FAIRE DÉCROCHER LA MÂCHOIRE !
... L'INCROYABLE BULLE MAGNÉTIQUE DE LA PLANÈTE, QUE SON INTENSE CHAMP MAGNÉTIQUE CREUSE DANS LE VENT SOLAIRE... DES PROPORTIONS PHÉNOMÉNALES, UNIQUES DANS TOUT LE SYSTÈME SOLAIRE.
SI VOUS AVEZ ÉTÉ ÉBLOUIS PAR LES AURORES DE MARS, IMAGINEZ LE SPECTACLE INCROYABLE DES AURORES SUD JUPITER AVEC UN TEL CHAMP MAGNÉTIQUE !
CLARKE, DIS-MOI QUE TU AS LES MOYENS TECHNOLOGIQUES DE FAIRE DESCENDRE NOTRE MISSION AU CŒUR DE JUPITER !
SANS SE FAIRE ÉCRABOUILLER, BIEN SÛR !
SUIVEZ-MOI.

CE "SUIVEZ-MOI", JE PRENDS ÇA POUR UN "OUI" : IL VA NOUS TROUVER UN VAISSEAU QUI POURRA RÉSISTER À UNE DESCENTE DANS L'ATMOSPHÈRE PROFONDE DE JUPITER !
OUI, TERRIENNE FRANCESCA-BALDINI.
DERRIÈRE TOUT CELA, CE SONT DES BALLES AUSSI GRANDES QUE CELLES QUE NOUS CONNAISSONS ?
TU AS VISITÉ LE VAISSEAU LE PREMIER... TU AS PU VOIR CE QU'ELLES CONTENAIENT ?
OH NON ! NOUS N'AVONS EU ACCÈS QUÀ DES AIRES DESTREINTES ET BIEN SÛR, NOUS NE POUVIONS GUÈRE FORCER LA MAIN À CLARKE POUR QU'IL NOUS DÉVOILE TOUS SES PETITS SECRETS.
J'ENTENDS CE QUE VOUS DITES, TERRIENS.
JE NE DIS RIEN DE MAL, CLARKE, JUSTE LA VÉRITÉ.
ENCORE UNE NOTION TOUT À FAIT RELATIVE CHEZ NOUS, TERRIEN ALEXANDRE-MAILLARD. MAIS JE COMMENCE À AIMER VOS CERTITUDES HUMAINES.
J'AI VRAIMENT UN DOUTE, CLARKE !
CES COQUILLES DE NOIX N'ONT DÉJÀ PAS FAIT TOUTES LEURS PREUVES SUR MARS. ALORS POUR JUPITER...

"COQUILLE DE NOIX" ?
UNE SIMPLE EXPRESSION, FRANCESCA VEUT DIRE QUE LES FORCES À L'ŒUVRE SUR JUPITER PEUVENT BIEN D'ENDOMMAGER SÉVÈREMENT CES NAVETTES...
ET NOUS AVEC !
VOILÀ UNE CERTITUDE QUE... JE PARTAGE, TERRIENS.
POUR PARLER COMME VOUS, TERRIENS, JE DIRAIS QUE JE LA GARDE POUR LES OCCASIONS SPÉCIALES.
UNE AUTRE CERTITUDE, CLARKE, C'EST QUE TU COMMENCES À PARTAGER NOTRE SENS DE L'HUMOUR !
LA NAVETTE EST FAITE D'UN ALLIAGE PLUS SOLIDE QUE LE PLUS FAMEUX DES ACIERS ET PLUS SOLIDE QUE LE PLUS RÉSISTANT DES MATÉRIAUX QUE VOUS CONNAISSEZ SANS DOUTE SUR TERRE.

C'EST FRAPPANT DE VOIR COMMENT LA NAVETTE RESSEMBLE À CERTAINS DE NOS COQUILLAGES TERRESTRES...
JE N'AI PAS COMPRIS "COQUILLAGES". MAIS JE PENSE QUE CE VAISSEAU PEUT RÉSISTER ET RADOTER EN VIE SON ÉQUIPAGE ASSEZ PROFONDÉMENT DANS LES COUCHES NUAGEUSES DE JUPITER.
TU PENSES. OU TU ES SÛR ?
JE VOUS L'AI DIT, TERRIENS. LA NOTION DE CERTITUDE EST ABSENTE DE MA CULTURE.
TENTEZ L'EXPÉRIENCE. SI J'ÉTAIS DANS VOTRE SITUATION, TERRIENS...
... JE LE FERAIS.

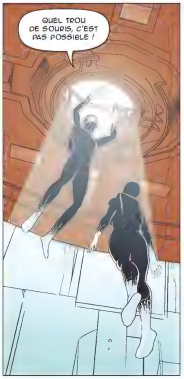
SI CLARKE AVAIT VOULU SE DÉBARRASSER DE NOUS, IL L'AURAIT FAIT TRÈS FACILEMENT DEPUIS LONGTEMPS.

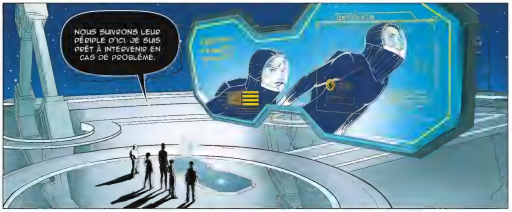
IL NOUS ENCOURAGE À DESCENDRE SUR JUPITER.
C'EST JUSTE SA FAÇON DE S'EXPRIMER QUI EST TROMPEUSE. LES CERTITUDES NE FONT PAS PARTIE DE SON LOGICIEL.
LA QUESTION EST SURTOUT DE SAVOIR SI MENTIR EN FAIT PARTIE !
BASTA ! SI ON DEVAIT ÉCOUTER LES GENS COMME TOI, RICHARD, ON NE FERAIT JAMAIS RIEN.
MOI, JE SUIS PARTANTE. AVANT !

VOUS ALLEZ ME DIRE QU'EN TANT QUE GÉOLOGUE, JE N'AURAI PAS ASSEZ-CHOSE À ME METTRE SOUS LA DENT DANS DES NUAGES D'AMMONIAC.
MAIS C'EST LA CHIMISTE EN MOI QUI PARLE. JE VEUX ANALYSER LA COMPOSITION DE CES SI BELLES RAYURES.

RIEN DE TEL QU'UNE DESCENTE AU PLUS PROFOND DE L'ATMOSPHÈRE POUR PRENDRE LES MEILLEURES MESURES.
YANN, TU VIENS AVEC MOI. ON ESSAIE "LE NAUTILE" ?
LA CHIMIE, MOI...
HÉ, FRANCESCA, JE SUIS PARTANT, MOI.

VU L'ÉPAISSEUR DE LA COQUE ET L'ENCOMBREMENT DE TOUS LES DISPOSITIFS, ON NE PEUT PAS PENTER UN TERRIEN DE PLUS DANS CE VAISSEAU.


QUEL TROU DE SOURIS, C'EST PAS POSSIBLE !

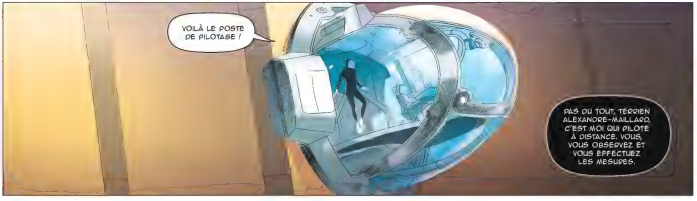

NOUS SURVEILLONS LEUR PÉRIPLE D'ICI. JE SUIS PRÊT À INTERVENIR EN CAS DE PROBLÈME.

JE TE PARIE UNE BOUTEILLE DE BOURVIL QUE CETTE NAVETTE N'A PAS ÉTÉ CONÇUE POUR LA MÊME ESPÈCE QUE CLARKE.
IL FAUDRAIT QU'IL SE PLIE EN QUATRE POUR ENTRER.

LA PESANTEUR EST TRÈS FAIBLE DANS CE BOYAU, ON MONTE TOUT SEUL !

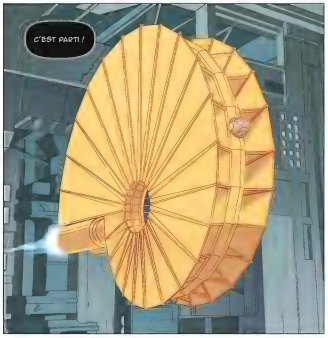
UN SAS, ON ARRIVE !

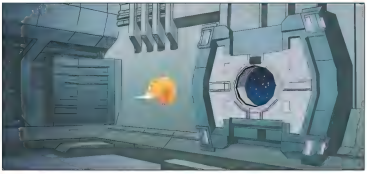
PAR CONTRE, LA DESCENTE EST VRAIMENT RAPIDE ! J'AI L'IMPRESSION D'ÊTRE ALICE AU PAYS DES MERVEILLES QUAND ELLE CHUTE DANS LE PUITS !
LAISSEZ-VOUS GUIDER, TERRIENS, VOUS N'AVEZ RIEN À CRAINDRE.


VOILÀ LE POSTE DE PILOTAGE !
PAS DU TOUT, TERRIEN ALEXANDRE-MALLARD, C'EST MOI QUI PILOTE À DISTANCE. VOUS, VOUS OBSERVEZ ET VOUS EFFECTUEZ LES MESURES.

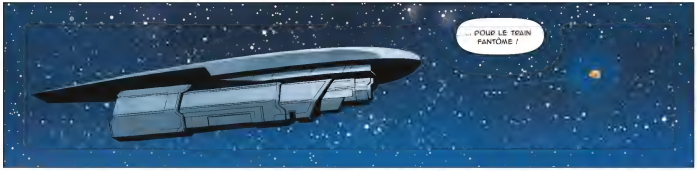
COMMENT ÇA VA RÉSISTER À JUPITER ? UNE FOIS LÂCHÉS DANS LE BAIN, ON SERA COMME UNE TOUTE PETITE NOISETTE DANS UN CASSE-NOIX GÉANT.
J'AI CONFIANCE DANS LEUR TECHNOLOGIE, FRANCESCA. TU VAS VOIR, ÇA VA BIEN SE PASSER.

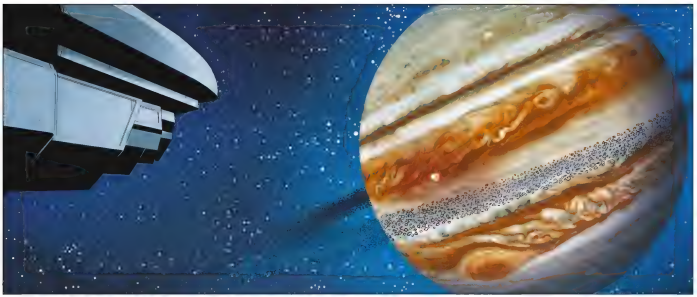
PRÊTS, TERRIENS ?
QUAND VOUS VOULEZ, CLARKE !


C'EST PARTI !



OUI, C'EST PARTI...


... POUR LE TRAIN FANTÔME !



QUEL EST LE MOYEN DE PROPULSION ?

LA PUISSANCE CAPTÉE PEUT AUSSI ÊTRE INVERSÉE ET UTILISÉE POUR ÉCHAPPER À L'ATTRACTION, IL FAUT JUSTE QUE LA NAVETTE EN ACCUMULE SUFFISAMMENT.

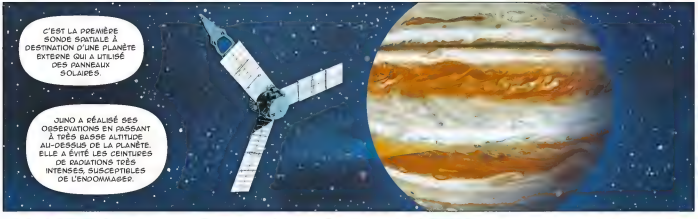
C'EST LA FORCE DE GRAVITÉ DE LA PLANÈTE GÉANTE, PLUS PUISSANTE QUE N'IMPORTE QUEL MOTEUR, QUI EST UTILISÉE PAR LA NAVETTE.
ÇA VA LES FAIRE DESCENDRE TRÈS VITE, MAIS... POUR DEVENIR, ALORS ?

VOUS ME SEMBLEZ VOUS INQUIÉTER BIEN VITE, TERRIENS. LES VÔTRES NE VONT PAS MOURIR.
C'EST SÛR ?
LE MOT "SÛR" EST UN GROS MOT POUR "EUX" !

ON NE LES VOIT PLUS...
... ET LES DÉCHARGES DE FOUDRE ONT L'AIR SUPER-PUISSANTES !

JE VAIS AVOIR L'IMAGE.

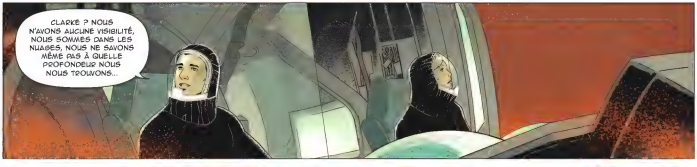
DEPUIS LA MISSION DE LA SONDE JUNO DANS LES ANNÉES 2020, ON CONNAÎT MIEUX LE PHÉNOMÈNE DE LA FOUDRE ET DES ÉCLAIRS DANS L'ATMOSPHÈRE JOVIENNE.


C'EST LA PREMIÈRE SONDE SPATIALE À DESTINATION D'UNE PLANÈTE EXTERNE QUI A UTILISÉ DES PANNEAUX SOLAIRES.
JUNO A RÉALISÉ SES OBSERVATIONS EN PASSANT À TRÈS BASSE ALTITUDE AU-DESSUS DE LA PLANÈTE. ELLE A ÉVITÉ LES CEINTURES DE RADIATIONS TRÈS INTENSES, SUSCEPTIBLES DE L'ENDOMMAGER.

QUE SAVEZ-VOUS DE CES CEINTURES DE RADIATIONS ?
J'ESPÈRE QUE VOUS AUSSI, VOUS LES AVEZ ÉVITÉES, ELLES SONT POTENTIELLEMENT RAVAGEUSES POUR TOUTE TECHNOLOGIE...

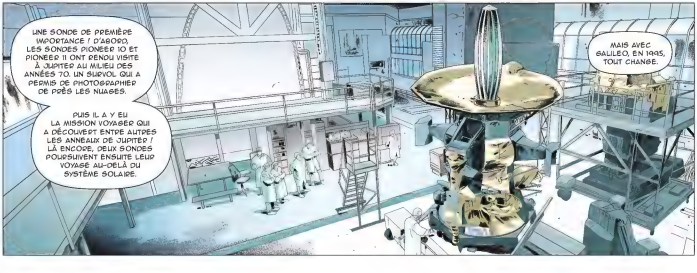
JE N'AI PAS QUELLE LES DOMMAGES SUBIS QUI ONT CONDUIT MON VAISSEAU À SE CRASHER SUR VOTRE LUNE TERRESTRE.
QUELQUE CHOSE N'A PAS FONCTIONNÉ AVEC L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OU VAISSEAU QUI NOUS DÉFOUTE AUTOMATIQUEMENT SI ELLE DÉTECTE DES CONDITIONS HOSTILES... C'EST DÉPARÉ.
QUEL EST LE SOUCI, ALORS ?
JE ME DEMANDAIS JUSTE QUELLE ÉTAIT LA PROBABILITÉ QUE L'AUTRE VAISSEAU, CELUI QUE JE RECHERCHE, AIT SUBI LE MÊME DYSFONCTIONNEMENT ET SOIT TOMBÉ DANS LE PIÈGE...

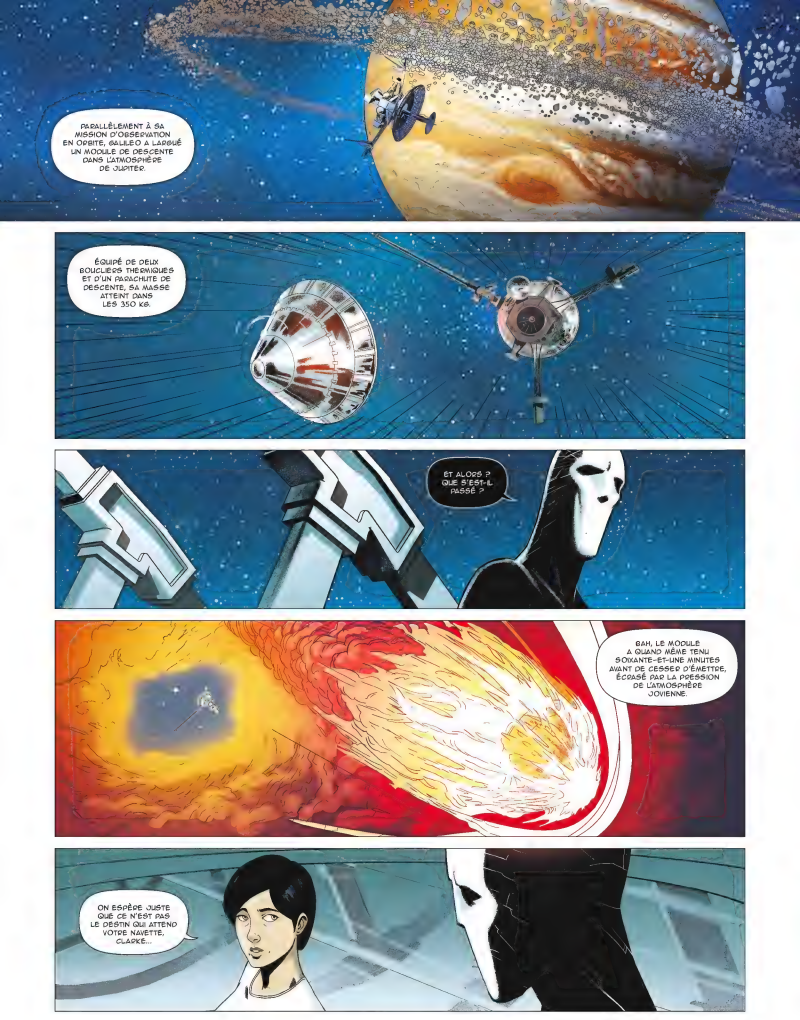
ALLÔ, CLARKE ?


CLARKE ? NOUS N'AVONS AUCUNE VISIBILITÉ, NOUS SOMMES DANS LES NUAGES. NOUS NE SAVONS MÊME PAS À QUELLE PROFONDEUR NOUS NOUS TROUVONS.

VOTRE DESCENTE EST CONTRÔLÉE, TOUT VA BIEN POUR LE MOMENT. VOUS ÊTES TOUJOURS DANS LA PREMIÈRE COUCHE. JE REÇOIS VOS MESURES.

VOUS ALLEZ FAIRE BEAUCOUP MIEUX QUE GALILEO, MES AMIS !
J'EN SUIS RAVI, ANDREW. ON A UN PEU L'IMPRESSION D'ÊTRE À BORD D'UN VIEUX COUCOU DANS UNE TEMPÊTE DANTESQUE.
GALILEO ? COMME L'ASTRONOME ? C'EST QUOI ?

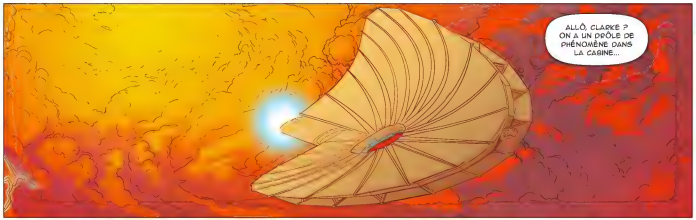

UNE SONDE DE PREMIÈRE IMPORTANCE ! D'ABORD, LES SONDES PIONEER 10 ET PIONEER 11 ONT RENDU VISITE À JUPITER AU MILIEU DES ANNÉES 70. UN SURVOL QUI A PERMIS DE PHOTOGRAPHIER DE PRÈS LES NUAGES.
PUIS IL A Y EU LA MISSION VOYAGER QUI A DÉCOUVERT ENTRE AUTRES LES ANNEAUX DE JUPITER ! LÀ ENCORE, DEUX SONDES POURSUIVENT ENSUITE LEUR VOYAGE AU-DELÀ DU SYSTÈME SOLAIRE.
MAIS AVEC GALILEO, EN 1985, TOUT CHANGE.


PARALLÈLEMENT À SA MISSION D'OBSERVATION EN ORBITE, GALILEO A LARGUÉ UN MODULE DE DESCENTE DANS L'ATMOSPHÈRE DE JUPITER.
ÉQUIPÉ DE DEUX BOUCLIERS THERMIQUES ET D'UN PARACHUTE DE DESCENTE, SA MASSE ATTEINT DANS LES 350 KG.
ET ALORS ? QUE S'EST-IL PASSÉ ?
BAH, LE MODULE A QUAND MÊME TENU SOIXANTE-ET-UNE MINUTES AVANT DE CESSER D'ÉMETTRE, ÉCRASÉ PAR LA PRESSION DE L'ATMOSPHÈRE JOVIENNE.
ON ESPÈRE JUSTE QUE CE N'EST PAS LE DESTIN QUI ATTEND VOTRE NAVETTE, CLARKE...

FRANCESCA ! TU VOIS ÇA ? LES PAROIS SE COURBENT OU S'ÉTIRENT.

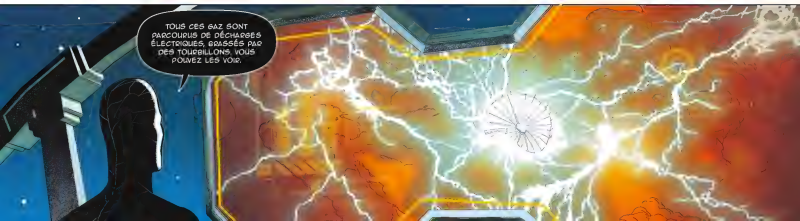
C'EST SÛREMENT PRÉVU COMME ÇA POUR RÉSISTER À LA PRESSION...

CLARKE ? TU NOUS REÇOIS ?

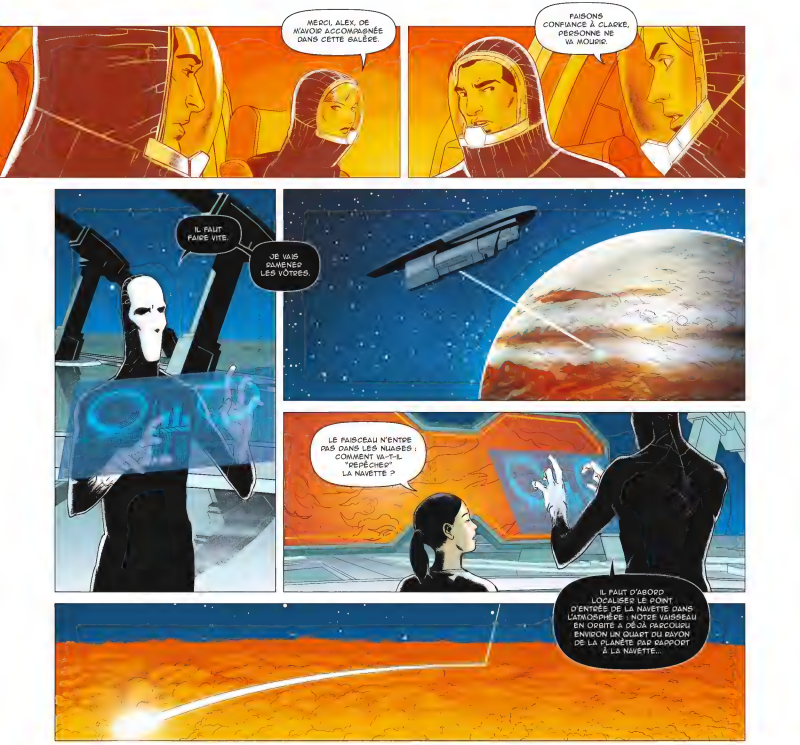

ALLÔ, CLARKE ? ON A UN DÔME DE PHÉNOMÈNE DANS LA CAGINE...

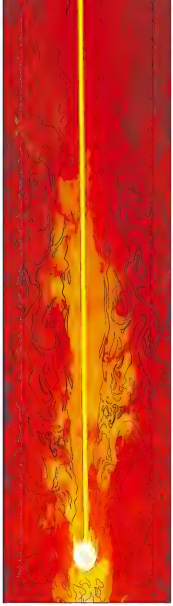
TOUT EST NORMAL POUR LE MOMENT. LA PRESSION AUGMENTE, C'EST TOUT. JE REÇOIS LES MESURES EFFECTUÉES PAR LA NAVETTE.

L'ATMOSPHÈRE EST ESSENTIELLEMENT COMPOSÉE D'HYDROGÈNE ET D'HÉLIUM, LES COMPOSANTS FONDAMENTAUX DE L'UNIVERS, MAIS IL Y A AUSSI DES TRACES D'INNOMBRABLES AUTRES GAZ, TELS QUE LE MÉTHANE, LA VAPEUR D'EAU, L'AMMONIAC OU L'ARGON. LES NUAGES SONT CONSTITUÉS DE CRISTAUX D'AMMONIAC, D'HYDROSULFURE D'AMMONIUM OU D'EAU.


TOUS CES GAZ SONT PARCOURUS DE DÉCHARGES ÉLECTRIQUES, BRASSÉS PAR DES TOURBILLONS. VOUS POUVEZ LES VOIR.

JE DÉTECTE UN VASTE MANTEAU LIQUIDE OU FLUIDE, TOUJOURS DE L'HYDROGÈNE, MAIS SOUS UNE FORME PLUS DENSE.
C'EST QUOI, ENCORE, ÇA ? ALLÔ, CLARKE ?
JE VOIS. C'EST JUSTE UN SIGNAL D'ALERTE.
AH, D'ACCORD ! CONTENT DE LE SAVOIR. ET ON FAIT QUOI ?
JE CONSEILLE FORTEMENT D'ENGAGER UN DEMI-TOUR CAR LA PRESSION, DÉSORMAIS TROP FORTE À CETTE PROFONDEUR, POURRAIT ÉCRASER LA NAVETTE.
UNE PRESSION QUI PEUT ATTEINDRE UN MILLION DE FOIS LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE TERRESTRE.
MILLE FOIS PLUS QUE LA PRESSION TOUT AU FOND DES OCÉANS SUR TERRE !
C'EST BIEN JOLI TOUT ÇA, MAIS ON FAIT COMMENT, POUR LE DEMI-TOUR ?
JE NE SUIS PAS SÛR QUE LA NAVETTE AIT ACCUMULÉ ASSEZ D'ÉNERGIE GRAVITATIONNELLE POUR REMONTER ET ÉCHAPPER À LA FORCE DE LA PLANÈTE. MAIS JE VAIS ESSAYER.
OUI, C'EST ÇA. ESSAIE. ESSAIE VRAIMENT.


MERCI, ALEX, DE M'AVOIR ACCOMPAGNÉE DANS CETTE GALÈRE.
FAISONS CONFIANCE À CLARKE, PERSONNE NE VA MOURIR.
IL FAUT FAIRE VITE.
JE VAIS RAMENER LES VÔTRES.
LE FAISCEAU N'ENTRE PAS DANS LES NUAGES ; COMMENT VA-T-IL "REPÉCHER" LA NAVETTE ?
IL FAUT D'ABORD LOCALISER LE POINT D'ENTRÉE DE LA NAVETTE DANS L'ATMOSPHÈRE : NOTRE VAISSEAU EN ORBITE A DÉJÀ PARCOURU ENVIRON UN QUART DU RAYON DE LA PLANÈTE PAR RAPPORT À LA NAVETTE...
JE LE TIENS.



NOTRE DESCENTE N'EST PAS INTERROMPUE...
ON EN EST OÙ, CLARKE ?

L'ÉNERGIE MANQUE POUR INVERSER LA TRAJECTOIRE DE LA NAVETTE. ELLE NE S'EST PAS SUFFISAMMENT ACCUMULÉE. JE VOUS LAISSE ENCORE DESCENDRE.

JE CROYAIS QUE C'ÉTAIT LE VAISSEAU QUI ALLAIT TIRER LA NAVETTE ET L'EXTRAIRE DE L'ATMOSPHÈRE JOVIENNE...

PAS TOTALEMENT : J'AI QUAND MÊME BESOIN DE LA CONTRIBUTION DE L'ANTI-GRAVITÉ DE LA NAVETTE CAR PLUS CETTE DERNIÈRE EST ÉLOIGNÉE DU VAISSEAU, PLUS LE FAISCEAU DÉPENSE D'ÉNERGIE... AU PISQUE DE SE ROMPRE !

SI ON Y PASSE, FRANCESCA, CE QUE JE REGRETTERAI LE PLUS, C'EST NOTRE HISTOIRE.
IL N'Y A PAS D'HISTOIRE, ALEX. CE QUI ARRIVE DANS L'ESPACE, RESTE DANS L'ESPACE.

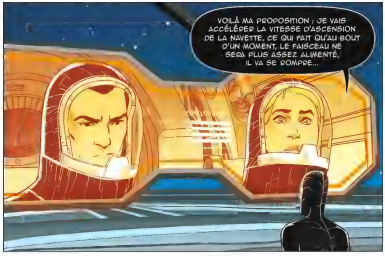
JE VAIS LEUR PARLER. ILS SONT SÛREMENT PARQUÉS, EMPÊTRÉS DANS LEUR BLOCKHAUS DE L'ESPACE !
ALLEZ-Y.
ALEX, FRANCESCA, C'EST RICHARD. NE VOUS GLISEZ PAS, ÇA VA LE FAIRE.
LE POISSON A MORDU, ON DIRAIT ! ON VOUS REMONTE.
CLARKE, LE SOMMET DE LA NAVETTE EST EN TRAIN DE S'APLATIR COMPLÈTEMENT...
C'EST ENCORE LA GRAVITÉ, ÇA DEVRAIT TENIR LE CHOC. JE POURRAIS ACCÉLÉRER LA VITESSE DE TRACTION, MAIS JE COURS UN MAUVAIS D'ÉNERGIE POUR VOUS RAMENER À BORD...

LA NAVETTE N'EST FINALEMENT PAS SI SOLIDE QUE TU LE PRÉSUMAIS.
MAIS À QUOI TU JOUES ?! COMMENT TU VAS FAIRE POUR LES SAUVER ?!

UNE SOLUTION EST IMAGINABLE, MAIS ELLE EST DISQUÉE.

DISQUÉE COMMENT ?
MOINS DISQUÉE QUE LAISSER LA NAVETTE S'ÉVENTRER PENDANT LA DÉMONTÉE.

C'EST À ALEX ET FRANCESCA DE DÉCIDER...


VOILÀ MA PROPOSITION : JE VAIS ACCÉLÉRER LA VITESSE D'ASCENSION DE LA NAVETTE, CE QUI FAIT QU'AU BOUT D'UN MOMENT, LE FAISCEAU NE SERA PLUS ASSEZ ALIMENTÉ. IL VA SE COUPER...

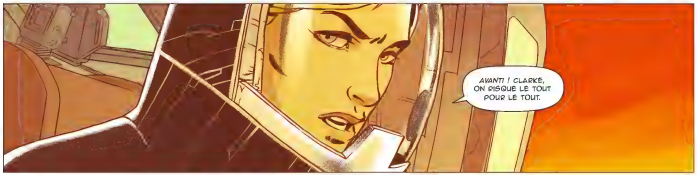
MAIS PROPULSÉE PAR SON ÉLAN, LA NAVETTE VA POURSUIVRE SA COURSE ET S'APPROCHERA TOUTE SEULE À LA PESANTEUR DE JUPITER.

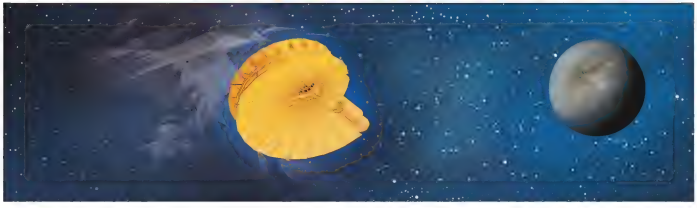
ELLE DEVRAIT CONTINUER UN LONG MOMENT DANS L'ESPACE PUIS RETOMBER, ATTIRÉE PAR LE CORPS CÉLESTE LE PLUS GROS ET LE PLUS PROCHE ACTUELLEMENT...
ANDREW, C'EST LE SATELLITE SANYMÈDE !
VOUS ALLEZ VOUS CRASHER SUR LA SURFACE ET JE VIENDRAI VOUS CHERCHER AVEC LE VAISSEAU.

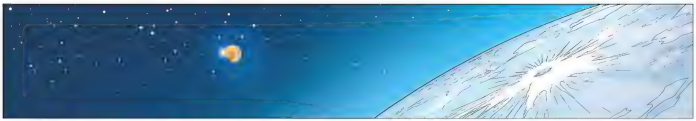
NOUS CRASHER ? ON NE RISQUE PAS D'Y RESTER ?

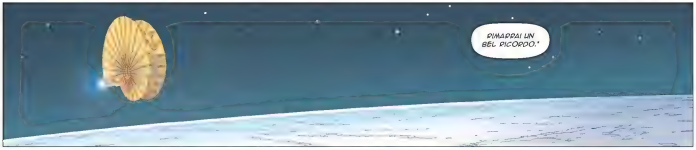
JE NE PENSE PAS, MAIS JE N'AI RIEN D'AUTRE À VOUS OFFRIR.

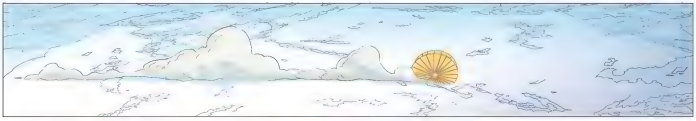
TU PENSES COMME MOI ?

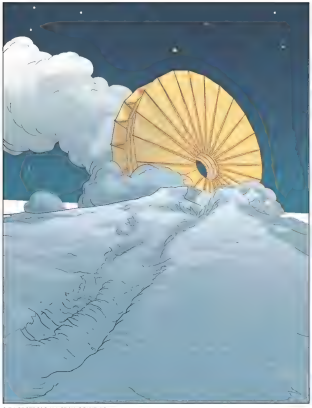

AVANT ! CLARKE, ON RISQUE LE TOUT POUR LE TOUT.





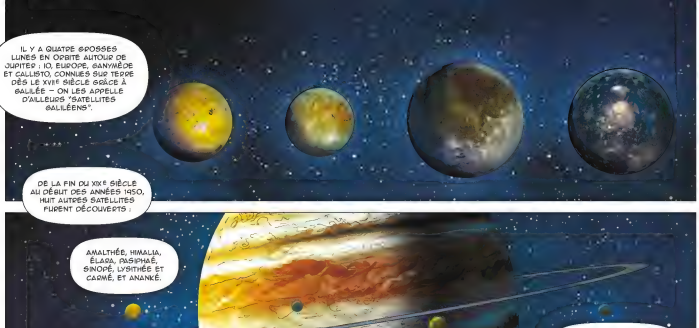






* TU RESTERAS UN BEAU SOUVENIR

ANDREW, PUISQU'ON SE POSE SUR GANYMÈDE, TU PEUX NOUS RAFRAÎCHIR UN PEU LA MÉMOIRE ?
D'ACCORD, RICHARD. ON EST LOIN DE TOUT SAVOIR SUR GANYMÈDE. MAIS C'EST LE PLUS GROS SATELLITE DE JUPITER ET LA PLUS GROSSE LUNE DE TOUT LE SYSTÈME SOLAIRE.
ELLE EST PLUS GROSSE QUE LA PLANÈTE MERCURE ET POSSÈDE MÊME SON PROPRE CHAMP MAGNÉTIQUE ET SA MAGNÉTOSPHÈRE, CONTRAIREMENT À LA LUNE TERRESTRE.

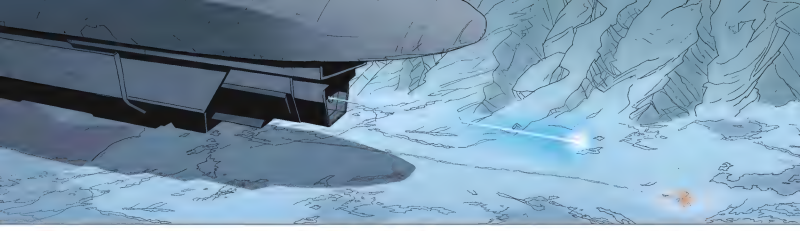

IL Y A QUATRE GROSSES LUNES EN ORBITE AUTOUR DE JUPITER : IO, EUROPE, GANYMÈDE ET CALLISTO, CONNUES SUR TERRE DÈS LE XVIIe SIÈCLE GRÂCE À GALILÉE – ON LES APPELLE D'AILLEURS "SATELLITES GALILÉENS".
DE LA FIN DU XIXe SIÈCLE AU DÉBUT DES ANNÉES 1950, HUIT AUTRES SATELLITES FURENT DÉCOUVERTS :

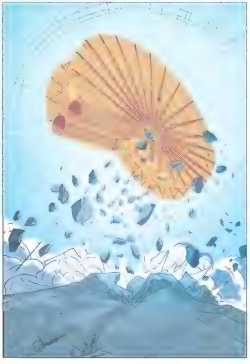
AMALTHÉE, HIMALIA, ÉLARA, PASIPHAÉ, SINOPÉ, LYSITHÉE ET CARMÉ, ET ANANKÉ.
PENDANT LES ANNÉES 1970, DEUX AUTRES SATELLITES FURENT OBSERVÉS : LÉDA ET THÉMISTO.

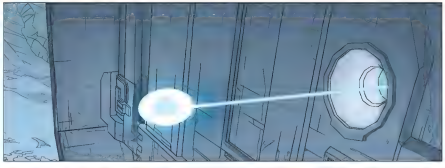
AVANT L'ARRIVÉE DE SONDES SPATIALES DANS L'ENVIRONNEMENT DE JUPITER, QUATORZE SATELLITES ÉTAIENT DONC CONNUS.
LES MISSIONS VOYAGER PERMIRENT LA DÉCOUVERTE DE TROIS NOUVELLES LUNES : MÉTIS, THÉBÉ ET ADRASTÉE.

DANS LES ANNÉES 2000, PAS MOINS DE DIX NOUVELLES LUNES SONT DÉCOUVERTES ET DÉPUIS, ON A FINI PAR QUALIFIER JUPITER DE "REPAIRE DES ASTÉROÏDES" TANT SA GRAVITÉ PUISSANTE A CAPTÉ ET ASSERVI D'INNOMBRABLES CORPS CÉLESTES.

AU DÉBUT, POUR RESTER DANS L'ESPRIT MYTHOLOGIQUE DE JUPITER OU EN GREC DE ZEUS, DIEU DE LA FOUDRE – CE QUE L'EXPLOSION DE SON ATMOSPHÈRE ET DE SES NUAGES NE DÉMENT PAS –, LES LUNES ONT ÉTÉ BAPTISÉES DU NOM DES CONQUÊTES OU PLUS GRAND SÉDUCTEUR DE L'OLYMPE.
MAIS DEVANT L'ABONDANCE DES SATELLITES DÉCOUVERTS AU FIL DES DÉCENNIES, IL A FALLU VARIER LES APPELLATIONS.





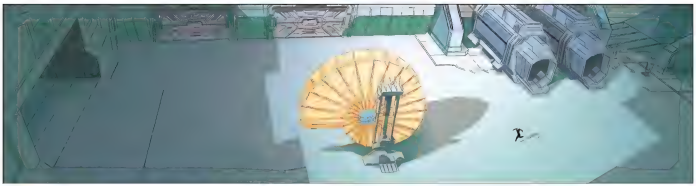


VOUS ÊTES LES PREMIERS NAUFRAGÉS DU SYSTÈME SOLAIRE !
HUM ! LES PREMIERS NAUFRAGÉS TERRIENS...

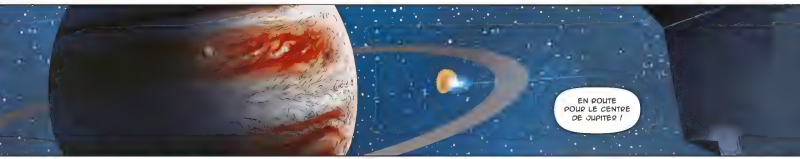
CLARKE, RÉPONDS-MOI FRANCHEMENT, TU N'AURAIS PAS PROFITÉ DES CIRCONSTANCES POUR TESTER TA MACHINE, AVEC UNE IDÉE DERRIÈRE LA TÊTE ?

LAQUELLE, TERRIEN RICHARD-CARTIER ?
SAVOIR SI DES PASSAGERS DE L'AUTRE VAISSEAU, ENDOMMAGÉ PAR LA CEINTURE DE RADIATIONS, AURAIENT PU SURVIVRE DANS UNE NAVETTE DE CE TYPE ?

INTÉRESSANT... MAIS PEU VRAISEMBLABLE.
DIS AUX TIENS DE SE REPOSER. J'AURAI QUELQUE CHOSE À VOUS DEMANDER AVANT DE PROÉCOLLER DE SANYMÈDE.



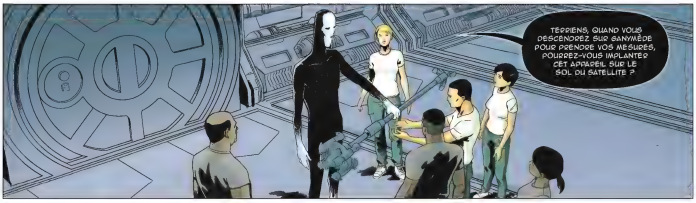
JE NE RESTERAI PAS SUR UN ÉCHEC.


EN ROUTE POUR LE CENTRE DE JUPITER !

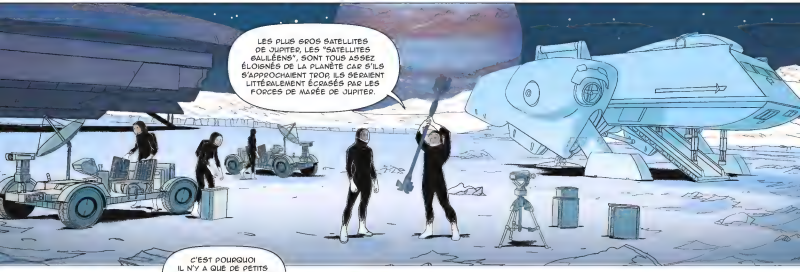
AAAAHHH...

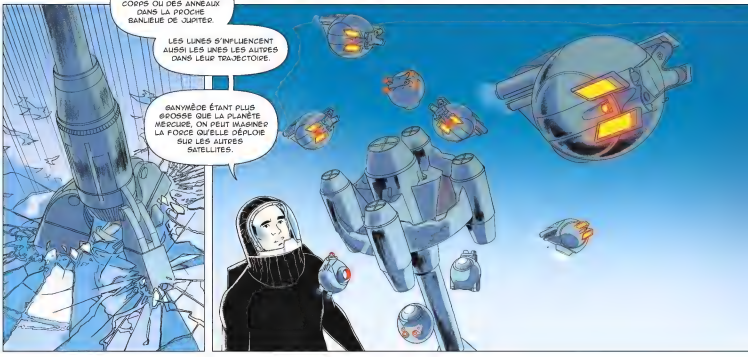
AAAAHHH !
ÇA VA, FRANCESCA ?

PRENDS-MOI DANS TES BRAS.
NE POSE PAS DE QUESTIONS.

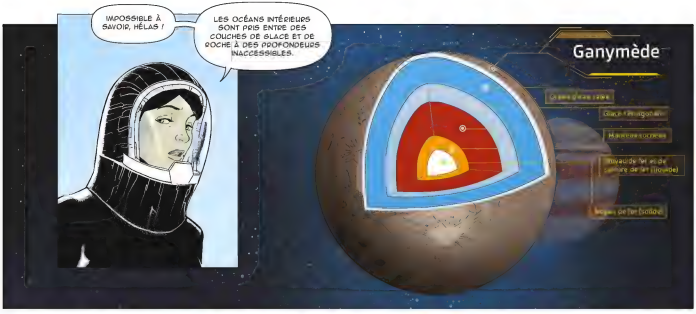

TERRIENS, QUAND VOUS DESCENDREZ SUR GANYMÈDE POUR PRENDRE VOS MESURES, POURREZ-VOUS IMPLANTER CET APPAREIL SUR LE SOL DU SATELLITE ?

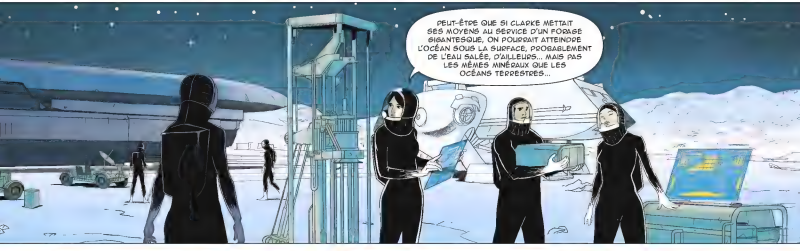
IL M'AIDERA À CHERCHER NOTRE VAISSEAU ÉGARÉ...

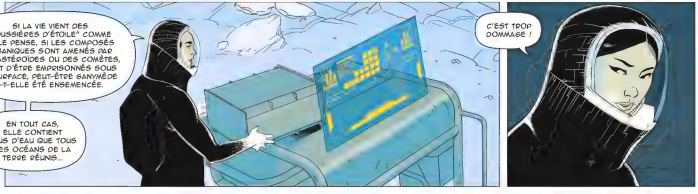

LES PLUS GROS SATELLITES DE JUPITER, LES "SATELLITES GALILÉENS", SONT TOUS ASSEZ ÉLOIGNÉS DE LA PLANÈTE CAR S'ILS S'APPROCHAIENT TROP, ILS SERAIENT LITTÉRALEMENT ÉCRASÉS PAR LES FORCES DE MARÉE DE JUPITER.


C'EST POURQUOI IL N'Y A QUE DE PETITS CORPS OU DES ANNEAUX DANS LA PROCHE BANLIEUE DE JUPITER.
LES LUNES S'INFLUENCENT AUSSI LES UNES LES AUTRES DANS LEUR TRAJECTOIRE.
GANYMÈDE ÉTANT PLUS GROSSE QUE LA PLANÈTE MERCURE, ON PEUT IMAGINER LA FORCE QU'ELLE DÉPLOIE SUR LES AUTRES SATELLITES.

JE CONFIRME QUE GANYMÈDE POSSÈDE UN PUISSANT CHAMP MAGNÉTIQUE, SANS DOUTE UNIQUE PARMI TOUS LES SATELLITES DU SYSTÈME SOLAIRE.
COMME UNE PLANÈTE ROCHEUSE CLASSIQUE, GANYMÈDE POSSÈDE SANS DOUTE UN CŒUR FERREUX, SOURCE DE CE MAGNÉTISME.
JE DÉTECTE ÉGALEMENT UNE FINE ATMOSPHÈRE QUI CONTIENT DE L'OXYGÈNE, DU DIOXYGÈNE ET DE L'OZONE.
UNE "PERTURBATION GÉOLOGIQUE" QUI EST LE RÉSULTAT D'UNE ACTIVITÉ TECTONIQUE.
LA PREUVE QUE LA LUNE DE JUNITED EST VIVANTE, AVEC UN CŒUR EN FUSION ET UNE PLAQUE CONTINENTALE QUI SE DÉFORME ET SE CASSE, FLOTTANT PEUT-ÊTRE SUR UN OCÉAN INTÉRIEUR.
AUCUN DOUTE LÀ-DESSUS, FRANCESCA. L'EAU EST PRÉSENTE EN ABONDANCE DANS LA COMPOSITION DE CETTE LUNE.
EST-CE QU'ON POURRAIT TROUVER DES TRACES DE VIE ?

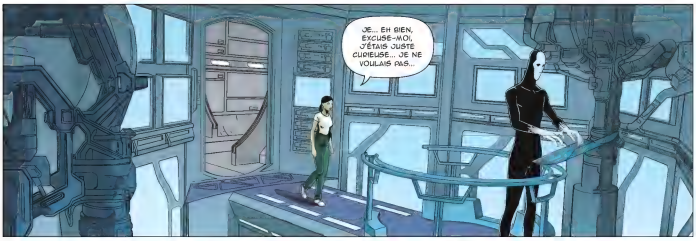

IMPOSSIBLE À SAVOIR, HÉLAS !
LES OCÉANS INTÉRIEURS SONT PRIS ENTRE DES COUCHES DE GLACE ET DE ROCHE À DES PROFONDEURS INACCESSIBLES.
Ganymède


PEUT-ÊTRE QUE SI CLARKE METTAIT SES MOYENS AU SERVICE D'UN FORAGE GIGANTESQUE, ON POURRAIT ATTEINDRE L'OCÉAN SOUS LA SURFACE, PROBABLEMENT DE L'EAU SALÉE, D'AILLEURS... MAIS PAS LES MÊMES MINÉRAUX QUE LES OCÉANS TERRESTRES...


SI LA VIE VIENT DES "POUSSIÈRES D'ÉTOILE" COMME ON LE PENSE, SI LES COMPOSÉS ORGANIQUES SONT AMENÉS PAR DES ASTÉROÏDES OU DES COMÈTES, AVANT D'ÊTRE EMPRISONNÉS SOUS LA SURFACE, PEUT-ÊTRE GANYMÈDE A-T-ELLE ÉTÉ ENSEMENCÉE.
EN TOUT CAS, ELLE CONTIENT PLUS D'EAU QUE TOUS LES OCÉANS DE LA TERRE RÉUNIS...
C'EST TROP DOMMAGE !

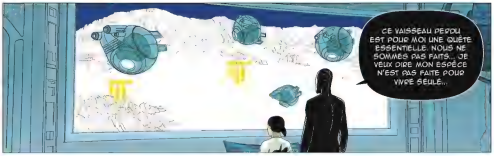
J'AI UNE PETITE IDÉE QUE JE GARDE POUR UN AUTRE SATELLITE DE JUPITER.
AH OUI ? LEQUEL ?
BEAUCOUP PLUS PETIT, MAIS ENCORE PLUS PROMETTEUR : EUROPE !

ENTREZ, TERRIENNE YANG-LIPING, CELA VOUS INTÉRESSERA SÛREMENT.


JE... EH BIEN, EXCUSE-MOI, J'ÉTAIS JUSTE CURIEUSE... JE NE VOULAIS PAS...

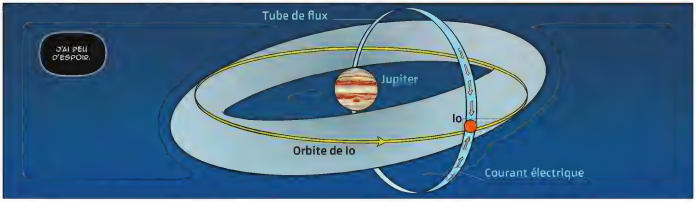
JE VOUS OBSERVE MOI-MÊME, COMME VOUS LE SAVEZ. JE NE VAIS DONC PAS M'OFFUSQUER DE VOTRE... COMMENT VOUS DITES ? PILATURE ?

EH BIEN, MERCI ALORS...
APPROCHEZ. JE CHERCHE LES MIENS.


CE VAISSEAU PEYDOL EST POUR MOI UNE QUÊTE ESSENTIELLE. NOUS NE SOMMES PAS FAITS... JE VEUX DIRE MON ESPÈCE N'EST PAS FAITE POUR VIVRE SEULE...

JE COMPRENDS. MOI-MÊME, ENFANT, J'AI BEAUCOUP SOUFFERT D'ÊTRE SÉPARÉE DE MA FAMILLE. JE TE SOUHAITE DE RÉUSSIR...

LES DÉTECTEURS VONT QUADRILLER LES SATELLITES. JE VAIS TRÈS VITE SAVOIR...
LA LUNE QUE VOUS APPELEZ IO.


J'AI PEU D'ESPOIR.
Tube de flux
Jupiter
Io
Orbite de Io
Courant électrique

ALEX ET MOI, NOUS AVONS SURVÉCU PAR MIRACLE AUX FOUDRES DE JUPITER. IL FAUT FÊTER ÇA.

DE L'ALCOOL À BORD ?! JE DEVRAIS TE METTRE AUX ARRÊTS !

ET SI ON TROUVAIT UN MOYEN DE FAIRE BOIRE CLARKE, POUR VOIR ?

QUI SAIT COMMENT IL RÉAGIRAIT ! ET SI ÇA L'EMPOISONNAIT ?

UN MOT DE PLUS ET JE CONFISQUE CETTE BOUTEILLE.

SANS CLARKE, NOUS NE SURVIVRIONS PAS LONGTEMPS. LE VAISSEAU EST IMPOSSIBLE À MAÎTRISER POUR DES HUMAINS.

C'EST PEUT-ÊTRE LE MOMENT QUE QUELQU'UN LUI DISE QUE ÇA NE NOUS CONVIENT PAS FORCÉMENT ! ALEXANDRE... ... C'EST TOI LE CHEF, ICI, NON ?
RICHARD, JE TE RAPPELLE QUE CLARKE PEUT VOIR TOUT CE QUE NOUS FAISONS ET ENTENDRE TOUT CE QUE NOUS DISONS.

HÉ ! QUAND MÊME PAS AVANT QUE J'AIE EU MA PART !

ON NE SAIT MÊME PAS SI ON POURRA UN JOUR DÉBOUCHER UNE AUTRE BOUTEILLE SUR CETTE BONNE VIEILLE TERRE...
SOYONS CLAIR... ON NE SAIT TOUJOURS PAS CE QUE CLARKE EST VENU FAIRE DANS NOTRE SYSTÈME SOLAIRE.
ON SAIT MAINTENANT QU'IL Y A UN SECOND VAISSEAU...
MAIS S'ILS ÉTAIENT DAVANTAGE ?
ET ALORS ? QU'EST-CE QUI T'INQUIÈTE ?
LA RAISON DE LEUR VOYAGE... J'AIMAIS DIRE DE LEUR EXPÉDITION. NOUS ENVAHIR ?
CLARKE S'EST CRASHÉ SUR LA LUNE IL Y A 2 500 ANS !
SI UNE FLOTTE EXTRATERRESTRE AVAIT DÛ NOUS ENVAHIR, ON LE SAURAIT DEPUIS LONGTEMPS.

À MOINS QUE, SI TU AS RAISON, ILS AIENT DÉJÀ PRIS LE CONTRÔLE PARTOUT, DEPUIS DES MILLÉNAIRES, ILS NOUS DIRIGENT EN SECRET...
ADOPTE ! ÇA VA...
MOI, CE QUE JE PEUX ÉVENTUELLEMENT CROIRE, C'EST QUE S'IL ÉTUDIE LA VIE SUR TERRE, SA PREMIÈRE CRAINTE DEVIENNE QUE NOTRE ESPÈCE EXPORTE UN JOUR DANS L'ESPACE SON GOÛT POUR LA DESTRUCTION DE MASSE.
ET DANS CE CAS, TU CROIS QU'IL NOUS LAISSERA RENTRER SUR TERRE ?

VERY SPECIAL
COGNAC
Hennessy

CLARKE ? QU'EST-CE QUE TU FAIS ?

LE TERRIEN RICHARD-CARTIER VOULAIT QUE JE GOÛTE AU BREUVAGE TERRIEN. JE VOUS AI ENTENDUS EN PARLER.
ET ÇA TE TENTE...
Hennessy

NON, J'ÉTAIS JUSTE CURIEUX. DITES-LUI QUE CELA NE ME FERAIT AUCUN EFFET CHEZ NOUS, IL EXISTE DES SORTES DE PLANTES, CE SONT LEURS ÉMANATIONS CHIMIQUES QUI NOUS RENDENT EUPHORIQUES.
UN LOINTAIN SOUVENIR POUR MOI, MAINTENANT.

DES PLANTES ? WAOUH, J'AIMERAIS ESSAYER.
CELA NE VOUS FERAIT AUCUN EFFET. IL FAUT DES RÉCEPTEURS SPÉCIFIQUES DANS LE CERVEAU QUE VOUS N'AVEZ PAS.

COMMENT TU LE SAIS ? AH OUI, JE SUPPOSE QU'EN PLUS DE NOUS SURVEILLER, TU NOUS AS SCANNÉS DES PIEDS À LA TÊTE !

TOUT VA BIEN, CLARKE ? LA NUIT A ÉTÉ BONNE ?
POUR AUTANT QU'ON PUISSE PARLER DE "NUIT", OUI, MERCI FEDYENINE FRANCESCA-BALDINI
ANDREW, EST-CE QUE TU VEUX BIEN NOUS AIDER À CHOISIR UN AUTRE SATELLITE À VISITER PARMI LES SATELLITES GALILÉENS ?
D'ABORD J'ÉCARTERAIS IO. S'Y DENDRE SERAIT TRÈS DANGEREUX ÉTANT DONNÉ SON VOLCANISME TRÈS ACTIF.
IO
IO EST LÉGÈREMENT PLUS GRANDE QUE LA LUNE TERRESTRE AVEC UN RAYON MOYEN DE 1 821 KM (ENVIRON 5 % DE PLUS) ET SA MASSE SUPÉRIEURE DE 21 %.
COMME LES AUTRES SATELLITES INTERNES DE JUPITER, IO EST EN ROTATION SYNCHRONE : LA SITE POINTE TOUJOURS LA MÊME FACE VERS JUPITER.
LE LOKI PATERA EST LE PLUS GRAND CRATÈRE VISIBLE SUR IO. UNE CALDEIRA REMPLIE PAR UN LAC DE LAVE, MONSTRUEUSE.
SON DIAMÈTRE D'ENVIRON 200 KM LUI CONFÈRE UNE SUPERFICIE BIEN SUPÉRIEURE À CELLE DU LAC LÉMAN, LE PLUS GRAND LAC DES ALPES QUI EST AUSSI LE PLUS GRAND LAC NATUREL D'EUROPE OCCIDENTALE.
COMPOSÉE PRINCIPALEMENT DE SILICATES ET DE FER, IO EST PLUS PROCHE PAR SA COMPOSITION DES PLANÈTES TELLURIQUES QUE DES AUTRES LUNES DES GÉANTES GAZEUSES OU SYSTÈME SOLAIRE EXTERNE...
... ET SEMBLE ÊTRE LE SEUL AUTRE ASTRE OU SYSTÈME SOLAIRE OÙ L'ON TROUVE UN VOLCANISME ACTIF ASSEMBLANT À CELUI DE LA TERRE.
COMME SUR VÉNUS ?
IL FAUDRAIT ALLER VÉRIFIER, MAIS PAS TOUT DE SUITE.

AUTRE CANDIDAT : CALLISTO, LE TROISIÈME PLUS GROS SATELLITE DU SYSTÈME SOLAIRE ET LE DEUXIÈME PLUS GROS SATELLITE DU SYSTÈME DE JUPITER.

UNE SURFACE TRÈS SOMBRE, LA PLUS ANCIENNE DU SYSTÈME SOLAIRE, ÂGÉE DE 4 MILLIARDS D'ANNÉES.

D'OÙ VIENT SON APPARENCE CRIBLÉE D'IMPACTS ?

CALLISTO

OU FAIT DE SA PLUS GRANDE DISTANCE À JUPITER, CALLISTO NE SUBIT PAS LES MÊMES FORCES DE MARÉES QUE LES AUTRES SATELLITES GALILÉENS, SA SURFACE EST DONC PRÉSERVÉE ET ELLE N'A PAS CONNU D'ACTIVITÉ VOLCANIQUE OU TECTONIQUE.

OU COUP LA SURFACE DE CALLISTO EST LITTÉRALEMENT CRIBLÉE PAR LES IMPACTS DES MÉTÉORITES. C'EST LE CORPS CÉLESTE POSSÉDANT LA PLUS GRANDE DENSITÉ DE CRATÈRES.

MALGRÉ CETTE OMNIPRÉSENCE DE CRATÈRES, LE RELIEF SUR CALLISTO EST PEU PRONONCÉ, ET LA PLUPART DES CRATÈRES NE DÉPASSENT PAS LES 150 KM.

VOUS POUVEZ LA VOIR À L'ÉCRAN.

TOUTES CES TACHES BLANCHES, C'EST QUOI ?

DES DÉPÔTS DE GLACE, SUR DES MONTICULES FORMÉS PAR L'ÉROSION DES CRATÈRES INITIALEMENT CRÉÉS PAR LES IMPACTS.

QUELQUES FORMATIONS NÉES DE LA CHUTE D'ASTÉROÏDES PORTENT DES NOMS PROVENANT DE LA MYTHOLOGIE SCANDINAVE : VALHALLA QUI REPRÉSENTE LE PALAIS DES MORTS AU COMBAT, ET ASGARD, LE PALAIS DES DIEUX SCANDINAVES.

ON PARLE SURTOUT LÀ DE LA SURFACE DE CES CORPS CÉLESTES, QUI PRÉSENTENT TOUS UN INTÉRÊT COMPARABLE AUX PLANÈTES DU SYSTÈME SOLAIRE.

GANYMÈDE

CALLISTO

IO

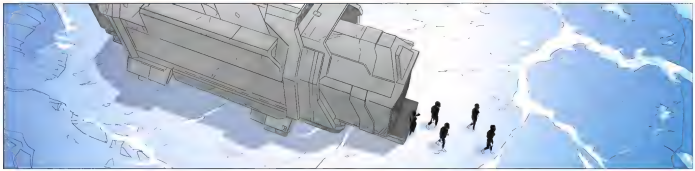
EUROPE

MAIS QUAND ON VOIT LEUR STRUCTURE INTERNE, ON SE DIT QUE LA PLUS PETITE LUNE, EUROPE, EST LA PLUS INTÉRESSANTE.

POURQUOI ?

ELLE POSSÈDE UN OCÉAN INTÉRIEUR, À PEINE À UNE DIZAINE DE KILOMÈTRES SOUS LA SURFACE...

CONTENTE QUE TU DISES ÇA, ANDREW ! PARCE QUE C'EST EUROPE QUI M'INTÉRESSE AUSSI LE PLUS.



ALLÔ, ANDREW ? C'EST UN SPECTACLE EXTRAORDINAIRE.

LA SURFACE D'EUROPE PRÉSENTE DES STRIES GLACIAIRES ET DES FISSURES APPELÉES LINEAE, MAIS PEU DE CRATÈRES D'IMPACT. C'EST LA SURFACE LA PLUS LISSE DE TOUS LES OBJETS CÉLESTES CONNUS DU SYSTÈME SOLAIRE.

LA CROÛTE EST PRINCIPALEMENT CONSTITUÉE DE GLACE D'EAU AVEC DES TRACES DE MINÉRAUX SILICATÉS.
ATMOSPHÈRE TRÈS MINCE, PRINCIPALEMENT COMPOSÉE D'OXYGÈNE.

FINISSONS TOUTES LES MESURES, LES SONDAGES ET LES PRÉLÈVEMENTS, ET ON PENSE EXPLOITER ÇA DANS LE VAISSEAU.

ÂGE DE LA SURFACE : 100 MILLIONS D'ANNÉES.
MALGRÉ UNE TEMPÉRATURE DE SURFACE MOYENNE DE MOINS 183°C, L'OCÉAN D'EAU SOUTERRAIN D'UNE PROFONDEUR DE L'ORDRE DE 100 KM POURRAIT ÉVENTUELLEMENT ABRITER UNE VIE EXTRATERRESTRE.

COMMENT L'EAU PEUT-ELLE RESTER LIQUIDE ?
LE RÉCHAUFFEMENT EST DÛ AUX DÉFORMATIONS DE L'ORBITE D'EUROPE OU FAIT DE SON INTERACTION AVEC LES AUTRES LUNES, CE QUI SUSCITE D'INTENSES FORCES DE MARÉES CAUSÉES PAR JUPITER SUR EUROPE.

REGARDEZ, DE LA VAPEUR D'EAU S'ÉCHAPPE POUR JAILLIR À LA SURFACE.
DES GEYSERS.

L'EAU SE RETRANSFORME TRÈS VITE EN GLACE AU CONTACT DE L'ATMOSPHÈRE.

IL FAUT EXPLORER CET OCÉAN.
IMPOSSIBLE ! COMMENT VEUX-TU FAIRE ? IL EST ENFERMÉ DANS UNE COQUE DE PLUSIEURS KILOMÈTRES...

TON AVIS, CLARKE ?
ON POURRAIT TROUVER L'ENDROIT DE LA PLANÈTE OÙ UNE COUCHE PLUS MINCE DANS LA CROÛTE GLACÉE...
... PERMETTRAIT DE FORER LA SURFACE POUR ENTRER DANS L'OCÉAN INTÉRIEUR.

LA SEULE FAÇON EST D'UTILISER UNE BRÈCHE PAR OÙ SORT UN GEYSER GÉANT.
MAIS ON NE PEUT PAS Y ENTRER EN SCAPHANDRE. IL FAUT LANCER UN VAISSEAU À PLEINE VITESSE, JUSTE AU MOMENT OÙ JAILLIT L'EAU ET LA VAPEUR ET FRACTURER LA SURFACE...

PAS QUESTION ! ENFIN, JENNA, CE N'EST PAS TOI QUI PARLAIS DES INSTINCTS DESTRUCTEURS DE L'HUMANITÉ ?
ON PEUT PRÉLEVER, ANALYSER, OBSERVER, ON NE PEUT PAS ENDOMMAGER IRRÉMÉDIABLEMENT, EN QUELQUES SECONDES, UN SITE INTACT DEPUIS CENT MILLIONS D'ANNÉES.

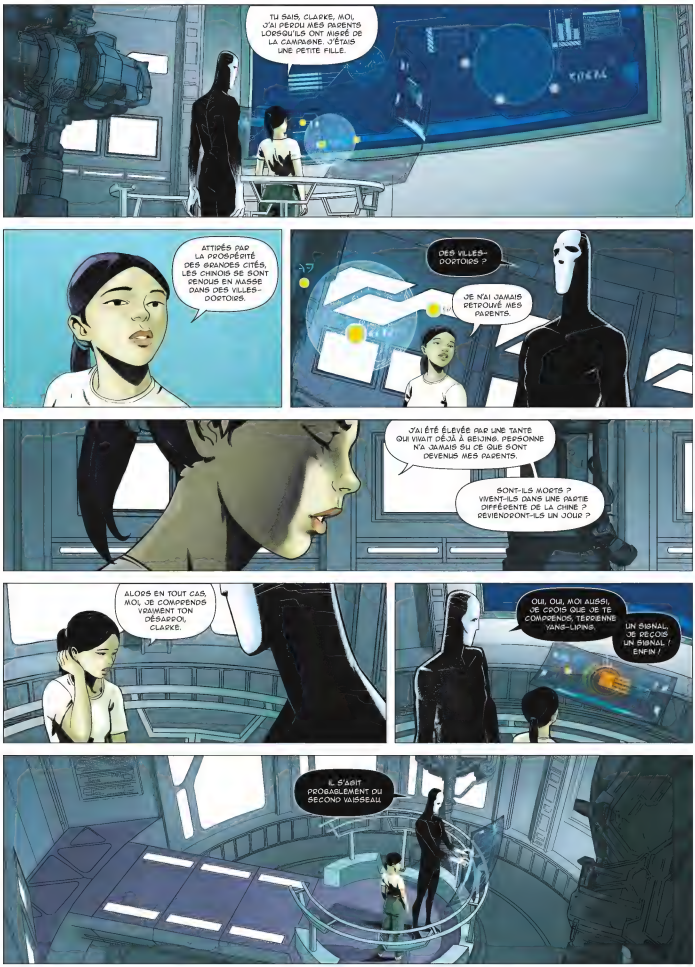
ON A UNE CHANCE UNIQUE D'EXPLORER UN OCÉAN SOUTERRAIN, TU NE VAS PAS BLOQUER POUR UN MALHEUREUX TROU DANS L'ÉCORCE ?
ON A DÉJÀ VU SUR TERRE COMBIEN LES ÉQUILIBRES SONT FRAGILES.
NE COMMENÇONS PAS À DÉGRADER LES ENVIRONNEMENTS QUE NOUS VISITONS.
ET SURTOUT PAS AU NOM DE LA SCIENCE !
JE SUIS D'ACCORD AVEC ANDREW. RESPECTONS LES LIEUX QUE NOUS EXPLORONS.
ET VOUS AUTRES ?
MOI, JE SUIS POUR JENNA : CE N'EST PAS EN AGRANDISSANT UNE MALHEUREUSE FAILLE QU'ON DÉGRADERA QUOI QUE CE SOIT...
MÊME CHOSE POUR LA SOTTE ITALIENNE ! EUROPE EST DÉJÀ UN CHAOS !
COMMANDANT MAILLARD ? VOUS, UN FRANÇAIS CARTÉSIEN ET ÉCOLOGISTE !
JE SUIS D'ABORD ASTRONAUTE, DOCTEUR MURRAY, ET J'AI ENVIE D'AVOIR DES RÉPONSES.
PAR TOUS LES MOYENS !
DÉSOLÉ, ANDREW...

JE NE SUIS PAS DU TOUT DE TON AVIS, MON VIEUX.
C'EST UNE PETITE CICATRICE CONTRE UNE GRANDE DÉCOUVERTE, PEUT-ÊTRE !
L'OPÉRATION EST DISQUÉE, MAIS IL FAUT LA TENTER.
C'EST LE PLUS CONNEUX DE TOUTE L'HISTOIRE DE LA PLANÉTOLOGIE !
ALLÔ, CLARKE ? ÇA Y EST, NOUS AVONS RÉUSSI...
NOUS SOMMES DANS L'OCÉAN INTÉRIEUR D'EUROPE...
JENNA TENTE UNE SORTIE...

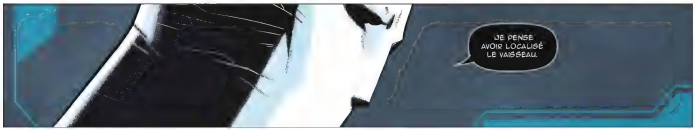
ALEX, JE VOIS DES COLONNES FUMANTES QUI SORTENT DE CHEMINÉES. PEUT-ÊTRE NATURELLES, MAIS PEUT-ÊTRE CONSTITUÉES DE BACTÉRIES ANAÉROBIES, COMME DANS LES ABYSSES SUR TERRE...
ON DIRAIT QU'IL Y A DES FORMES DE VIE AUTOUR DE CES CHEMINÉES.
SI SEULEMENT L'ÉQUIPEMENT DE CLARKE ÉTAIT MUNI D'UNE CAMÉRA...
ALEX, J'AIMERAIS TROP QUE TU PUISSES VOIR CE QUE JE VOIS MAINTENANT !
TU ES SÛRE ? ET SI C'ÉTAIT JUSTE DES FORMES DANS LA FUMÉE ?
SI CE N'EST PAS UN MIRAGE CAUSÉ PAR LES PROFONDEURS, C'EST LE MOMENT LE PLUS ÉMOUVANT DE MA VIE. BIEN SÛR SANS COMPARAISON AVEC LA RENCONTRE AVEC CLARKE. MAIS LÀ, ON PARLE DE VIE EXTRA-TERRESTRE AU SEIN MÊME DE NOTRE SYSTÈME SOLAIRE...
CELA MONTRE QUE LES MÊMES CAUSES ENTRAÎNENT LES MÊMES EFFETS ET QUE DANS LES PROFONDEURS OCÉANIQUES D'EUROPE SE RETROUVENT DES FORMES DE VIE SIMILAIRES À CELLES DES ENVIRONNEMENTS COMPARABLES DE LA TERRE.
JE NE COMPRENDS PAS, ELLES ÉTAIENT LÀ, ET IL N'Y A PLUS RIEN.
OH, J'AI REÇU QUELQUE CHOSE QUI RAVEUGLE...
REMONTE, VITE !
OH, MON DIEU...

JE N'AI PAS PU PRÉLEVER D'ÉCHANTILLONS DE CE QUE J'AI VU.
SAUF ÇA, UNE BESTIOLE QUI M'A ATTAQUÉE, PEUT-ÊTRE.
ON VA VOIR ÇA TOUT DE SUITE, JE LE PASSE AU MICROSCOPE.
JE NE PEUX ÊTRE SÛRE DE RIEN, ENTRE LA PRESSION ET L'OXYGÈNE, J'AI PEUT-ÊTRE EU DES VISIONS.
ON DIRAIT BIEN DES RESTES DE MATIÈRE ORGANIQUE COLLÉS AU CASQUE.
VIENS VOIR, JENNA. JE NE SAIS PAS CE QUE C'EST.
ÇA RESSEMBLE À UNE PROTÉINE TRÈS STRUCTURÉE. ÇA POURRAIT EXPLIQUER LES PROPRIÉTÉS ÉLASTIQUES ET COLLANTES DE LA MATIÈRE.
PROTÉGEONS CET ÉCHANTILLON. IL NE FAUDRAIT PAS L'ENDOMMAGER. ON LE CONFIERA À UN LABORATOIRE DE POINTE SUR TERRE.
AU MOINS, NOUS AURONS UNE PROTÉINE COMPLÈTE À RAPPORTER.
EN SOUHAITANT QUE SON ORIGINE ANIMALE PUISSE ÊTRE DÉMONTRÉE...

CLARKE ? JE TE DÉRANGE ?
ENTRE, TERRIENNE YANG-LIPING, JE CROIS QUE TU AIMES QUE JE PARTAGE MES RECHERCHES AVEC TOI.
J'AI SCRUTÉ À PEU PRÈS TOUS LES CORPS CÉLESTES AUTOUR DE JUPITER SANS RIEN TROUVER. JE VAIS DEVOIR ÉLARGIR UNE FOIS DE PLUS LA PROSPECTION.
MÊME SI LES LIENS PARENTAUX SONT TOUS DIFFÉRENTS ET EXTRÊMEMENT COMPLEXES DANS MON ESPÈCE, IL M'EST INDISPENSABLE DE POUVOIR FAIRE MON DEUIL. COMME JE L'AI FAIT DE TOUS MES COMPAGNONS MORTS DANS MON PROPRE VAISSEAU.
SI JE NE PEUX PAS FAIRE MON DEUIL, MES TISSUS VONT SE NÉCROSER. JE TOMBERAI MALADE.
MAIS SOIS RASSURÉE, TERRIENNE YANG-LIPING : DANS CE CAS, LE VAISSEAU VOUS RAMÈNERA AUTOMATIQUEMENT À VOTRE POINT DE DÉPART.


TU SAIS, CLARKE, MOI, J'AI PERDU MES PARENTS LORSQU'ILS ONT MIGRÉ DE LA CAMPAGNE. J'ÉTAIS UNE PETITE FILLE.
ATTIRÉS PAR LA PROSPÉRITÉ DES GRANDES CITÉS, LES CHINOIS SE SONT PENDUS EN MASSE DANS DES VILLES-DORTOIRS.
DES VILLES-DORTOIRS ?
JE N'AI JAMAIS RETROUVÉ MES PARENTS.
J'AI ÉTÉ ÉLEVÉE PAR UNE TANTE QUI VIVAIT DÉJÀ À BEIJING. PERSONNE N'A JAMAIS SU CE QUE SONT DEVENUS MES PARENTS.
SONT-ILS MORTS ? VIVENT-ILS DANS UNE PARTIE DIFFÉRENTE DE LA CHINE ? REVIENDRONT-ILS UN JOUR ?
ALORS EN TOUT CAS, MOI, JE COMPRENDS VRAIMENT TON DÉSARROI, CLARKE.
OUI, OUI, MOI AUSSI, JE CROIS QUE JE TE COMPRENDS, TERRIENNE YANG-LIPING.
UN SIGNAL. JE REÇOIS UN SIGNAL ! ENFIN !
IL S'AGIT PROBABLEMENT DU SECOND VAISSEAU.

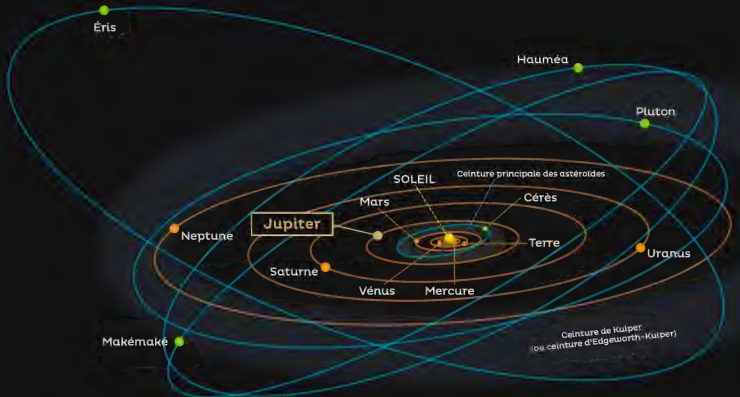
CLARKE ! JE NE T'AI JAMAIS VU COMME ÇA !


JE PENSE AVOIR LOCALISÉ LE VAISSEAU

UN SIGNAL VIENT DE LÀ

C'EST TITAN, UN SATELLITE DE SATURNE !

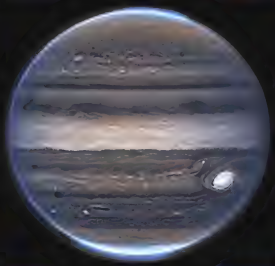
FIN DE L'ÉPISODE. À SUIVRE DANS : SATURNE, LE SEIGNEUR DES ANNEAUX



À LA DÉCOUVERTE DE JUPITER

JUPITER, connue depuis l'Antiquité et 5e dans l'ordre des planètes en s'éloignant du Soleil, est la plus imposante planète du système solaire. Son éclat, qui surpasse toutes les étoiles, n'est devancé que par celui de Vénus, visible au crépuscule ou à l'aube, et occasionnellement par Mars lorsqu'elle est au plus près de la Terre. De ce fait, Jupiter a été nommée d'après le dieu romain du ciel. C'est la plus grosse planète du système solaire (sa masse représente 1/1000e de celle du Soleil et 71 % de la masse totale du système hors Soleil), et celle qui tourne le plus vite sur elle-même (en moins de 10 h). Jupiter est entourée d'une cohorte de 95 satellites dont les quatre lunes galiléennes. Jupiter est une géante gazeuse sans surface solide. Sa composition, similaire à celle du Soleil, consiste principalement en hydrogène et hélium, les éléments les plus abondants et les plus légers de l'Univers. Sa masse est insuffisante pour allumer en son cœur les réactions nucléaires qui en auraient fait une étoile (il faut pour cela une masse minimum de 5 % de celle du Soleil). Mais son atmosphère est le siège d'une intense activité, se traduisant par une structure en bandes et des formations nuageuses des plus remarquables. Jupiter possède enfin un champ magnétique interne puissant qui génère la plus grande magnétosphère et les aurores les plus intenses du système solaire.

Dossier préparé par le comité scientifique suivant, composé d'astrophysiciens et astrophysicienne à l'Observatoire de Paris - Université Paris Sciences et Lettres :
Bruno BÉZARD, Nicolas BIVER, Xavier BONNIN, Alain DORESSOUNDIRAM, Laurent LAMY, Milan MAKSIMOVIC, Sandrine VINATIER et Philippe ZARKA.



JUPITER - FICHE D'IDENTITÉ

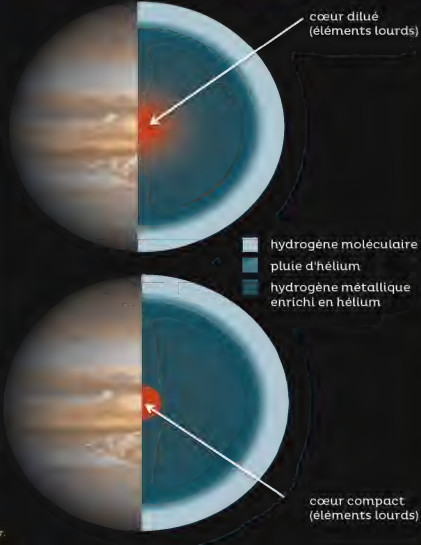
Diamètre équatorial / polaire : 142 984 km / 133 708 km
Masse : 317,8 x masse Terre
Densité par rapport à l'eau : 1,326
Distance au Soleil : entre 741 et 816 millions de km
Distance à la Terre : entre 591 et 965 millions de km
Période de rotation : 9 h 55 min 30 s
Période de révolution : 11,86 ans
Inclinaison de l'axe de rotation : 3,1°
Pesanteur à l'équateur / aux pôles : 2,30 g / 2,89 g
Nombre de satellites naturels : 95 (au 1/7/2023)

g = accélération moyenne de la pesanteur terreste = 9.807 m/s²

Image à grand champ de Jupiter par le JWST, composite de 2 images prises avec des filtres infrarouge, représentées en orange et cyan.
© NASA, ESA, CSA, Jupiter ERS Team, traitement : R. Hueso (UPV/EHU) & Judy Schmidt

STRUCTURE INTERNE DE JUPITER

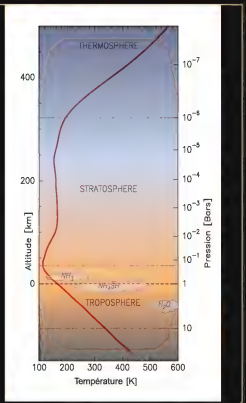
En progressant de l'extérieur vers le centre de Jupiter, la pression, la température et la densité augmentent continûment. On rencontre d'abord une enveloppe fluide principalement constituée d'hydrogène moléculaire et d'hélium jusqu'à un niveau de pression d'environ 1 mégabar (1 million de fois la pression atmosphérique à la surface de la Terre), où la température atteint 6 000 °C. Dans cette région, l'hydrogène moléculaire H_2 se transforme en hydrogène « métallique » (H^+ et électrons), très conducteur. L'hélium n'étant pas miscible dans l'hydrogène métallique, des gouttes d'hélium se forment et tombent en pluie vers le centre. Plus profondément, peut-être vers la moitié du rayon jovien, on entre progressivement dans un cœur dilué avec une forte proportion d'éléments lourds. Enfin, au-delà d'une pression de 40 mégabars et d'une température de 20 000 °C environ, se trouve peut-être un cœur compact central principalement constitué de roches, de fer et d'eau.



Deux modèles de structure interne de Jupiter.
© Oxford Research Encyclopedia of Planetary Science 2018, R. Helled

ATMOSPHÈRE DE JUPITER

Jupiter étant une planète gazeuse, il n'y a pas de surface solide permettant de définir une limite entre intérieur et atmosphère. On se sert du niveau de pression de 1 bar, qui correspond à peu près au sommet des nuages (0,7 bar), comme référence d'altitude. L'atmosphère est composée à 86,3 % d'hydrogène moléculaire (H_2), 13,5 % d'hélium (He) et 0,2 % de méthane (CH_4). Les autres composés présents représentent moins de 1 millième en proportion, mais la vapeur d'eau, le sulfure d'hydrogène (H_2S) et l'ammoniac (NH_3) condensent entre les niveaux de pression 0,7 bar et 5 bars pour former des nuages (cristaux de H_2O, NH_4SH ou NH_3) qui empêchent la lumière visible de pénétrer plus profondément. En profondeur (plus de 10 bars), l'eau peut représenter jusqu'à 0,3 % de l'atmosphère. Cette diversité de composition et de structure de l'atmosphère donne cet aspect varié et contrasté du disque visible de Jupiter. En général les zones claires marquent les régions les plus nuageuses tandis que les zones sombres (« ceintures ») correspondent à des régions plus transparentes (parfois des « points chauds ») permettant de voir plus profondément dans l'atmosphère. La haute atmosphère (stratosphère et thermosphère) est le siège d'une photochimie intense qui produit, à partir du méthane et sous l'action du rayonnement ultraviolet du Soleil, de nombreux hydrocarbures, dont le plus abondant est l'éthane. On y trouve aussi des composés oxygénés provenant principalement d'impacts cométaires.



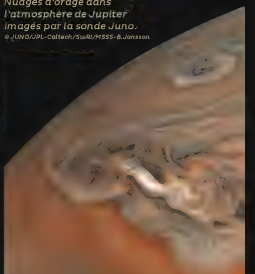
Profil de température moyenne (en K = °C + 273) de l'atmosphère de Jupiter en fonction de l'altitude et de la pression. © N. Bluer

MÉTÉO JUPITÉRIENNE

Grande tache rouge de Jupiter imagée par la mission Galileo © NASA

La grande tache rouge : c'est une zone anticyclonique de l'hémisphère Sud qui s'étend sur près de 16 000 km de diamètre. Découverte par Jean-Dominique Cassini en 1665, elle est observée depuis plus de 3 siècles. Sa période de rotation est d'environ 6 jours. L'origine de sa couleur ocre-rouge, qui varie légèrement avec le temps, n'est pas encore bien connue. La mission Juno a montré qu'elle s'étend jusqu'à plus de 300 km de profondeur (jusqu'au niveau de pression 100 bars). Cependant, elle est ancrée moins profondément que les vents zonaux d'est et d'ouest qui l'entourent, qui s'enfoncent sur près de 2 000 km. Les observations au long cours de la grande tache rouge ont révélé que son diamètre diminue avec le temps. Au rythme de décroissance actuel, elle pourrait avoir disparu dans 40 ans.

Nuages d'orage dans l'atmosphère de Jupiter imagés par la sonde Juno. © JUNO/JPL-Caltech/SwRI/MSSS-B.Jonsson



Une atmosphère tempétueuse : l'atmosphère de Jupiter est le siège de vents violents, cyclones et orages. La circulation atmosphérique se fait le long des parallèles avec des vents zonaux de l'ordre de 100 km/h, qui peuvent dépasser 400 km/h près de l'équateur, entre -10° et +10° de latitude. De nombreux cyclones sont visibles notamment autour des pôles et vers 40° de latitude sud. Ils apparaissent comme des ovales ou tourbillons blanchâtres sur les images de l'atmosphère. Les vues détaillées prises à proximité de Jupiter par Juno ont révélé des formations orageuses et une intense activité électrique a été détectée à moyenne et haute latitudes.

Formations cycloniques près du pôle Nord de Jupiter vues par la sonde Juno. © JUNO/JPL-Caltech/SwRI/MSSS-A.Luck

SYSTÈME SOLAIRE

MAGNÉTOSPHÈRE

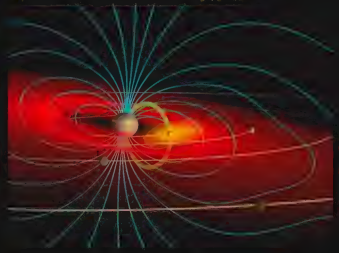
La magnétosphère de Jupiter est l'immense bulle magnétique qui entoure la planète et dévie le vent solaire qui s'écoule autour d'elle. Elle prend son origine dans le champ magnétique de la planète, environ 20 000 fois plus puissant que celui de la Terre. Ce champ magnétique est généré par des courants électriques dans le cœur métallique liquide de Jupiter, qui agit comme une dynamo naturelle. L'exceptionnelle intensité du champ magnétique combinée à la relative faiblesse du vent solaire à 5 ua produisent une magnétosphère gigantesque. Dans la direction du Soleil, où la pression est maximale, le « nez » de la bulle magnétosphérique est à une distance de 4 à 7 millions de km de la planète. La taille de cette bulle peut varier d'un facteur 2 en réponse aux variations de pression du vent solaire. À l'opposé du Soleil, la magnétosphère s'étire en une queue qui peut atteindre... l'orbite de Saturne, 5 ua plus loin ! Si la magnétosphère de Jupiter était visible dans le ciel, elle nous apparaîtrait plus grande que la pleine Lune. C'est le plus grand « objet » du système solaire.

Beaucoup plus « vide » que le vent solaire environnant, cette magnétosphère est cependant alimentée par 3 grandes sources de « plasma », c'est-à-dire de particules chargées électriquement : celles qui s'échappent de la haute atmosphère de la planète (~20 kg/s), la petite fraction du vent solaire qui parvient à franchir le bouclier magnétique (~20 kg/s), et l'énorme quantité de gaz éjectée dans l'espace par les volcans d'Io (~1 tonne/s). Entraîné par le champ magnétique dans une rotation effrénée autour de la planète et poussées vers l'extérieur par la force centrifuge, ce plasma se répartit en un tore le long de l'orbite de Io et un disque de plasma dans le plan équatorial de la magnétosphère. La force centrifuge en arrache de temps en temps des lambeaux qui sont éjectés vers la queue magnétosphérique, tandis que la fraction restante du plasma est accélérée vers la planète.

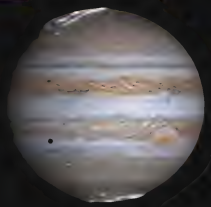
La magnétosphère de Jupiter est en effet un gigantesque et très efficace accélérateur naturel de particules chargées. Les électrons y gagnent 100 à 1 000 fois plus d'énergie que dans le vent solaire environnant. Guidés par les lignes de champ magnétique, une partie d'entre eux bombarde la haute atmosphère de Jupiter, y produisant de puissantes aurores polaires particulièrement brillantes dans l'ultraviolet (du fait de la composition de la haute atmosphère dominée par l'hydrogène). Au-dessus de ces aurores, ces électrons produisent d'intenses émissions radio de grande longueur d'onde (≥ 10 m).

Une petite partie du plasma libéré par le volcanisme de Io diffuse vers la planète, où il se retrouve piégé sous l'effet de forces magnétiques dans un mouvement de va-et-vient entre les pôles magnétiques, et gagne encore 100 fois plus d'énergie au cours de ce mouvement. Il peuple ainsi les ceintures de radiations, qui constituent un environnement spatial extrêmement agressif (du fait d'un bombardement permanent intense par des particules énergétiques) entre des altitudes de quelques milliers de kilomètre et environ 4 rayons joviens (250 000 km), interdisant d'y faire orbiter longtemps des sondes spatiales. La sonde Galileo est restée prudemment à l'extérieur de ces ceintures (entre 1995 et 2002) , comme le fera la sonde Juice. La sonde Juno, en revanche, a exploité le fait que les ceintures sont absentes près des pôles et ne s'étendent pas jusqu'à la surface de Jupiter pour adopter une trajectoire audacieuse qui, à chaque orbite, survole le pôle Nord, plonge sous les ceintures au ras de l'atmosphère équatoriale, puis survole le pôle Sud. Cette trajectoire a permis à Juno d'obtenir des observations uniques à très courte distance. Les ceintures de radiations émettent un rayonnement radio dans une vaste gamme de longueurs d'onde, du mètre au centimètre. Comme l'axe du dipôle magnétique Jovien est incliné d'environ 9,6° sur son axe de rotation, il décrit un cône dans l'espace avec la rotation de la planète, et les ceintures semblent ainsi osciller dans le plan du ciel. Ce sont ces observations radio de Jupiter dans les années 1950 qui ont permis de découvrir son champ magnétique et de mesurer son inclinaison et la rotation interne de la planète (liée au champ magnétique) qui diffère de la rotation des bandes nuageuses (poussées en outre par les vents).

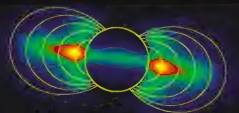
Magnétosphère de Jupiter : schéma (en haut) et dimensions vue depuis la Terre (en bas). © NASA/JPL



Magnétosphère interne de Jupiter, tore de plasma de Io, et interactions satellites-champ magnétique. © J. Spencer, SwRI



Aurores polaires nord et sud sur Jupiter. La tache noire sur le disque est l'ombre portée de la lune Io. © R. Prangé, LESIA/Obs. Paris, ESA/NASA/STScI



Ceintures de radiations de Jupiter, analogues aux ceintures de « Van Allen » autour de la Terre. © NASA/JPL, NRAO

Enfin, le champ magnétique de Jupiter interagit avec les 4 lunes galiléennes. Tournant plus vite que leur mouvement orbital, il balaie ces lunes d'arrière en avant, en étant perturbé au passage. Ce ballet électromagnétique accélère des électrons qui produisent d'autres aurores (points lumineux magnétiquement connectés aux lunes) et d'autres émissions radio. La lune Ganymède possédant elle-même un champ magnétique propre et une mini-magnétosphère, elle interagit de manière complexe avec le champ magnétique jovien via des déconnexions et reconnexions magnétiques. Des aurores sont également observées à la surface de Ganymède. L'interaction électromagnétique Jupiter-satellites est aussi un moyen de mettre en évidence les océans certainement présents sous la surface glacée d'Europe et de Ganymède.

SATELLITES DE JUPITER

Lors d'une de ses premières observations à la lunette astronomique en 1610, Galilée découvrit le ballet des 4 grosses lunes de Jupiter, baptisées « galiléennes ». On a depuis recensé 95 satellites en orbite autour de Jupiter, que l'on peut grouper en 3 familles : les 4 satellites internes (Métis, Adrastée, Amalthée et Thébé), gardiens des anneaux de Jupiter, les 4 gros satellites galiléens, et 87 petits satellites plus lointains de 1 à 170 km de diamètre orbitant en moyenne entre 7 et 24 millions de km de Jupiter. Ces objets, probablement des astéroïdes capturés, circulent sur des orbites excentriques (allongées) et inclinées de 15° à 50°, dont 85 % sont rétrogrades (parcourues en sens inverse des principaux satellites et de la rotation de Jupiter). Ils se regroupent en 5 à 6 sous-familles.

LES SATELLITES GALILÉENS

Observables avec une simple paire de jumelles, ils seraient visibles à l'œil nu sans la proximité éblouissante de Jupiter. Du fait des effets de marées de Jupiter, tous présentent toujours la même face à Jupiter (rotation synchrone). Les trois premiers ont des orbites en résonance, à savoir que les périodes orbitales de Io, Europe et Ganymède sont dans un rapport 1:2:4, et ils ne peuvent jamais se retrouver alignés du même côté de Jupiter. Io, Europe, Ganymède et Callisto font partie des 14 plus gros objets du système solaire, les deux derniers étant comparables ou plus gros que la planète Mercure. Io est dense et volcanique tandis que les trois autres sont des « lunes glacées » riches en eau et pouvant abriter un océan interne d'eau liquide.

Montage à l'échelle d'images prises par Galileo de Jupiter et sa tache rouge avec les 4 satellites galiléens. ©NASA/JPL/DLR

SYSTÈME SOLAIRE

LES SATELLITES GALILÉENS

IO

Io, orbitant en moyenne à 42 1800 km de Jupiter, légèrement plus gros (diamètre 3 643 km) que notre Lune est le satellite le plus dense (3,5) et l'objet du Système solaire présentant la plus forte activité volcanique. Sa surface jeune, dépourvue de cratères d'impacts, est recouverte de dioxyde de soufre, silicates et autres composés soufrés provenant de volcans actifs. La mission Juno a recensé près de 300 points chauds (pouvant atteindre 1 200 °C) et observé des modifications de la surface en quelques années. La puissance rayonnée par Io ($\sim 10^{14}$ W) vient pour moitié de ses volcans. La combinaison des effets de marées dus à Jupiter et aux résonances orbitales avec Europe et Ganymède est à l'origine du chauffage interne de Io. Son actuité volcanique alimente un tore de sodium (Na) et de plasma constitué d'ions (Na^+, Cl^+, S^+, S^{2+}, S^{3+}, O^+, O^{2+}) et d'électrons. Celui-ci englobe toute son orbite et alimente au rythme de 1 000 kg/s la magnétosphère de Jupiter en particules chargées, dont il est le principal réservoir.

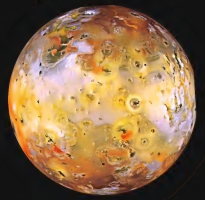
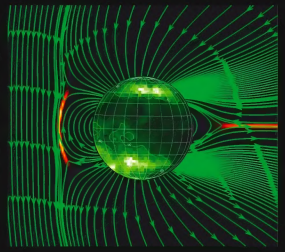


Image détaillée de Io prise par la sonde Galileo. © NASA

Images de Io prises avec 3 instruments de la mission New Horizons montrant le panache du volcan Tvashtar (un des plus actifs) éclairé par le Soleil et son émission thermique infrarouge (en bas à droite) ainsi que celle d'autres points chauds à la surface. © NASA

GANYMÈDE

Ganymède est le plus gros satellite de Jupiter et le 8e plus gros objet du système solaire avec un diamètre de 5 263 km. Il est en moyenne à 1,07 millions de km de Jupiter. Sa densité plus faible que les précédents (1,94) révèle une grande quantité d'eau qui constitue une couche externe de ~800 km, au-dessus d'un manteau de silicates et un possible noyau métallique. Celui-ci serait responsable de la présence d'un champ magnétique interne, 6 à 10 fois plus fort que le champ magnétique ambiant dû à Jupiter. La surface est essentiellement couverte de glace, mais il est possible que la chaleur interne permette la présence d'un océan liquide en profondeur. Les terrains de surface sont très variés, alternant zones claires et sombres, fortement cratérisées ou au contraire parcourues de failles et autres lignes créées par une activité cryovolcanique (volcanisme froid) et tectonique récente. Une mince atmosphère d'oxygène et ozone a été détectée, créée de la même manière que sur Europe.



Magnétosphère de Ganymède, avec ses aurores vues par le télescope spatial Hubble.
© M. McGrath, ESA/NASA/STScI

CALLISTO

Callisto se trouve en moyenne à 1,88 millions de km de Jupiter. Il n'est pas en résonance orbitale avec les trois autres satellites galiléens. Contrairement à eux, Callisto ne présente pas de trace d'activité récente à sa surface qui est saturée de cratères. Sa taille (4 821 km) et densité (1,84) sont comparables à celles de Ganymède. Sa structure interne évolue d'une couche extérieure de glace à un cœur silicaté en passant par une zone intermédiaire mélangée. Sa surface, plus sombre que celle des autres satellites, est couverte de glace d'eau mélangée à d'autres composés dont de la glace de CO_2 en équilibre avec une atmosphère très ténue de CO_2. Comme il est plus sombre, sa surface absorbe efficacement le rayonnement solaire et la température peut y atteindre -110 °C contre -160 °C pour Europe.

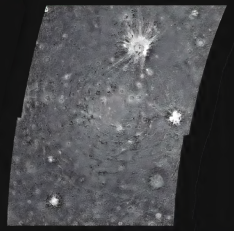
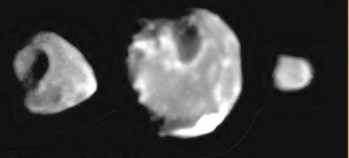


Image de la surface de Callisto prise par la sonde Galileo le 4 novembre 1996.
© NASA/JPL-DLR

EUROPE

Europe est une lune glacée couverte de glace d'eau qui compose la plus grande partie de ses couches externes (densité moyenne = 3). Elle orbite à 671 100 km de Jupiter et est un peu plus petite (3 121 km) que notre Lune. Sa surface assez lisse est parcourue par de longues failles sans doute liées à la présence d'un océan liquide à 10-30 km sous la surface. Cet océan, profond d'une centaine de km, aurait 2 fois le volume des océans terrestres. À sa base se trouve un manteau de roches silicatées et un noyau dense de Fer. Comme pour Encelade (un satellite de Saturne), une partie de cette eau s'échappe au travers de la croûte de glace par certaines de ces failles. Les observations télescopiques spatiales avec Hubble et le JWST ont révélé des dépôts récents de sels et de CO_2 dans la région « Tara », confortant cette hypothèse. Europe possède une atmosphère d'oxygène très ténue produite à partir de l'interaction des particules chargées et des molécules d'eau en surface. En raison de sa proximité à Jupiter, Europe subit un échauffement interne (permettant de maintenir un océan liquide) par effet de marée et résonance orbitale avec Io et Ganymède ainsi qu'un bombardement intense par les particules énergétiques de la magnétosphère de Jupiter. Bien que plus faible que sur Io, ce rayonnement serait toutefois létal à brève échéance pour des humains à la surface d'Europe.

Europe vue par la sonde Juno en septembre 2022.
© NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS & Kevin M. Gill CC BY 3.0



THÉBÉ, AMALTHÉE, MÉTIS

3 des petits satellites internes de Jupiter vus par la sonde Galileo.
© NASA

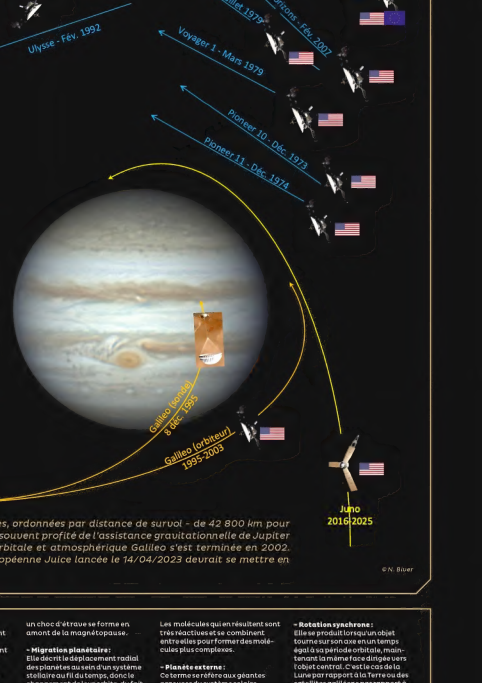
LES ANNEAUX DE JUPITER

Découverts en 1979 par la sonde Voyager 1, les anneaux de Jupiter sont très ténus et ne diffusent guère plus que quelques millionièmes de la lumière solaire incidente. L'anneau principal s'étend de 122 500 à 129 100 km du centre de Jupiter, avec une zone plus brillante de 800 km de large (pour moins de 100 km d'épaisseur) située à peu près entre les orbites des satellites Métis (128 000 km) et Adrastée (129 000 km), et structurée en annelets concentriques. Le système d'anneau comporte aussi un halo en forme de tore à l'intérieur de l'anneau principal (de 100 000 km à 122 400 km du centre) et deux anneaux diffus à l'extérieur, 10 à 100 fois plus ténus. L'un, épais de 2 300 km, s'étend jusqu'à l'orbite d'Amalthée (181 400 km), l'autre, épais de 8 500 km, jusqu'à celle et Thébé (221 900 km). Ces anneaux sont composés de grosses particules (centimétriques et plus) de poussières rougeâtres dans l'anneau principal, ainsi que de beaucoup de poussières micrométriques dans le halo. Ils sont sans doute alimentés en grande partie par les impacts météoritiques sur les quatre satellites internes de Jupiter.

Les anneaux de Jupiter vus par la sonde New Horizons.
© NASA

HISTOIRE DE L'EXPLORATION DE JUPITER

Très brillante dans le ciel, mais située bien plus loin que Mars et Vénus (au minimum à 590 millions de km de la Terre), Jupiter n'a été survolée par des sondes spatiales que bien plus tard (à partir de 1973). S'il faut moins de 2 ans pour aller survoler rapidement Jupiter, il a fallu plus de 5 ans de voyage aux sondes Galileo et Juno pour aller s'y mettre en orbite (il ne faut pas arriver trop vite !). Outre la crainte initiale des risques de collisions en traversant la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter, c'est le fort champ magnétique de Jupiter et le rayonnement intense associé aux particules chargées énergétiques qu'il contient et guide qui met à rude épreuve les sondes s'approchant près de Jupiter. La première mission, Pioneer 10, comme les plus récentes (Galileo, Juno) ont de ce fait subi des dommages entraînant des pertes des données. Les futures missions prévues ou en route vers Jupiter éviteront de passer trop près de la planète et doivent bien protéger leurs électroniques face à ce danger.



Les missions de survol de Jupiter (flèches bleues, ordonnées par distance de survol - de 42 800 km pour Pioneer 11 à 9,7 millions de km pour Cassini) ont souvent profité de l'assistance gravitationnelle de Jupiter pour aller visiter d'autres objets. La mission orbitale et atmosphérique Galileo s'est terminée en 2002. Juno se poursuit jusqu'en 2025. La mission européenne Juice lancée le 14/04/2023 devrait se mettre en orbite autour de Jupiter en 2031.

LEXIQUE

- Ceintures de radiations : Région de l'espace concentrant des particules chargées piégées par le champ magnétique d'une planète, fortement accélérées, et constituant en conséquence des « radiations » potentiellement dangereuses pour les engins spatiaux (par exemple, la ceinture de Van Allen entoure la Terre).

- Forces de marée : Elles résultent des différences de gravité exercées par un corps céleste sur un autre, déformant ainsi la structure de celui-ci. Sur Terre, les marées sont provoquées par la Lune et le Soleil. Sur Io, elles sont provoquées par Jupiter et les autres lunes galiléennes, chauffent son intérieur et causent son volcanisme.

- Géante gazeuse : C'est une planète massive dont la gravité a pu garder captif l'hydrogène et d'hélium qui sont donc ses constituants principaux. Elle n'a pas de surface solide, mais une atmosphère épaisse. L'hydrogène peut se trouver sous forme moléculaire dans l'atmosphère, et liquide métallique à grande profondeur. Un noyau dense d'éléments lourds peut exister au centre de la planète.

- Magnétosphère : La magnétosphère est une bulle magnétique entourant une planète, formée par son champ magnétique, qui dévie les particules chargées du vent solaire, c'est un bouclier et une zone moins peuplée en plasma. Sa frontière externe est la magnétopause. Le vent solaire étant supersonique, un choc d'étrave se forme en amont de la magnétopause.

- Migration planétaire : Elle décrit le déplacement radial des planètes au sein d'un système stellaire au fil du temps, donc le changement de leur orbite, du fait des interactions gravitationnelles avec d'autres planètes ou le disque de matière où elles se sont formées.

- pc (parsec) : Unité de mesure astronomique de distance, équivalant à environ 3,26 années-lumière. Il représente la distance à laquelle 1 ua est vue sous un angle d'une seconde d'arc.

- Photochimie : Chimie initiée par la dissociation de certaines molécules par les photons solaires (principalement le rayonnement ultraviolet).

Les molécules qui en résultent sont très réactives et se combinent entre elles pour former des molécules plus complexes.

- Planète externe : Ce terme se réfère aux géantes gazeuses du système solaire, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, situées au-delà de la ceinture d'astéroïdes. Elles se distinguent des « planètes internes » rocheuses.

- Pression (atmosphérique) : La pression mesure la force exercée sur une surface. Dans le cas de la pression atmosphérique, elle est exercée par les molécules d'air et vaut 1 bar à la surface terrestre, soit le poids exercé par une masse de 1 kg sur une surface de 1 cm^2. Elle diminue avec l'altitude.

- Rotation synchrone : Elle se produit lorsqu'un objet tourne sur son axe en un temps égal à sa période orbitale, maintenant la même face dirigée vers l'objet central. C'est le cas de la Lune par rapport à la Terre ou des satellites galiléens par rapport à Jupiter.

- Survol planétaire : Manœuvre spatiale au cours de laquelle une sonde spatiale passe à proximité d'une planète pour recueillir des données scientifiques et/ou pour ajuster sa trajectoire dans l'espace, en accélérant, freinant, ou remettant en orbite, selon les lois de la mécanique céleste.

- ua (unité astronomique) : Distance moyenne Terre-Soleil, égale à 149 597 871 km.

Malgré nos recherches diligentes, avérées et sérieuses, nous ne sommes pas parvenus à identifier ou retrouver le titulaire des droits de certaines photographies reproduites dans cet ouvrage (article L.113-10 du Code de la Propriété intellectuelle relatif aux œuvres orphelines – « © droits réservés »). Tout titulaire de droits identifiant une de ses œuvres au sein du présent ouvrage est donc cordialement invité à prendre contact avec l'éditeur aux coordonnées susmentionnées.

© 2024 / Glénat bd.
Couvent Sainte-Cécile - 37, rue Servan - 38000 Grenoble.
Tous droits réservés pour tous pays.
Dépôt légal : mars 2024
ISBN : 978-2-3310-7988-7

Avec le soutien du
CNL
Centre national du livre
www.centrenationaldulivre.fr

JUPITER A bord d'un vaisseau extraterrestre, une équipe de scientifiques terriens fait route vers la cinquième planète du Système solaire, située à plus de 591 millions de kilomètres de la Terre. Leur but : explorer Jupiter, cette géante gazeuse qui mesure plus de onze fois le diamètre de la Terre. Mais comment faire lorsqu'une planète n'a pas de sol où se poser ? Même avec l'aide de la technologie avancée de l'extraterrestre Clarke, peut-on s'enfoncer sans être désintégré dans ses tourbillons de gaz dont les tempêtes font deux fois la taille de notre planète ? Et si certains des 95 satellites de Jupiter, comme Europe ou Ganymède qui recèlent d'étonnants mystères, abritaient la vie sous leur surface glacée ?

SYSTÈME SOLAIRE

Toutes ces questions et bien d'autres encore trouvent leurs réponses à travers un fabuleux voyage, là où l'être humain n'a jamais posé le pied. Dans le vaisseau de Clarke, prétexte à toutes les explorations, une équipe de scientifiques venus du monde entier découvre tour à tour Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune, Vénus, Mercure et le Soleil, et en révèlent au mépris du danger et des pièges les plus inattendus, des secrets qui émerveillent. Derrière la fiction et le divertissement dans d'extraordinaires environnements, où chaque planète paraît à notre portée, la supervision précise et exigeante des astronomes à l'Observatoire de Paris permet de tout savoir sur le Système solaire.

ISBN 978-2-344-06059-9
9 782344 060599
CODE PRIX GL54 32.5980.8
www.glenat.com